

STUKin raporttisarjoissa esitetyt johtopäätökset ovat tekijöiden johtopäätöksiä, eivätkä ne välttämättä edusta Säteilyturvakeskuksen virallista kantaa.

ISBN 951-712-307-8

ISSN 0781-1705

Oy Edita Ab, Helsinki 1999

Myynti:

Säteilyturvakeskus

PL 14 00881 HELSINKI

Puh. (09) 759 881

Servomaa, Antti (toim.). Säteilyturvallisuus ja laadunvarmistus röntgen-diagnostiikassa 1999 (STUK-A163). Helsinki 1999, 158 s.

ISBN 951-712-307-8

ISSN 0781-1705

Avainsanat säteilyturvallisuus, röntgendiagnostiikka, laadunvarmistus, potilasannos, kliininen auditointi

JOHDANTO

Euroopan unionin lääketieteellistä säteilynkäyttöä koskeva direktiivi 97/43/Euratom (ns. MED-direktiivi) tuo runsaasti uusia tehtäviä säteilyn käyttäjille. Keskeisimpiä näistä ovat laadunvarmistus, potilasannosten mittaaminen, henkilökunnan koulutusvelvoitteet ja kliininen auditointi. Säteilylakiin on tehty direktiivin edellyttämät muutokset, mutta niiden soveltaminen käytäntöön vaatii vielä paljon työtä.

Tässä raportissa käsitellään MED-direktiivin soveltamiseen liittyviä aiheita. Useimmat aiheet ovat vasta suunnitteluvaiheessa, kun selviä näkemyksiä ja ohjeita ei vielä ole. Säteilyn käyttäjien on kuitenkin hyvä tietää ajoissa näistä suunnitelmista ja odotettavissa olevista velvoitteista. Sairaaloiden kokemukset laadunvarmistuksen toteuttamisesta ja auditointien käynnistämisestä ovat erityisen arvokkaita, kun kokemusperäistä tietoa toiminnan hyödystä ja ongelmista saadaan yhteiseen käyttöön.

Raportissa tarkastellaan säteilyasioita yleisemminkin, mm. säteilynkäyttöä EU-maissa ja lähialueilla, säteilyriskejä ja elintarvikkeiden radioaktiivisuutta.

Servomaa, Antti (ed.). Radiation safety and quality assurance in diagnostic x-ray imaging 1999 (STUK-A163). Helsinki 1999, 158 pp. In Finnish.

ISBN 951-712-307-8

ISSN 0781-1705

Keywords radiation safety, diagnostic x-ray imaging, quality assurance, patient dose, clinical audit

INTRODUCTION

In the European Union, the Directive 97/43/Euratom concerning the medical use of radiation brings many new tasks to radiation users. Quality assurance, patient dose measurement, staff training and clinical audit are among the most essential of these tasks. The Finnish radiation legislation has been modified to comply with the Directive. Much work is still required for practical implementation of these rules.

This report deals with applications of the medical radiation Directive. Most applications are still at the planning stage, and clear guidance is lacking. However, the users have to know in time about these plans and future duties concerning them. Experience on quality assurance and clinical audit in hospitals are especially valuable in providing practical information on benefits and problems of these practices.

Other radiation related topics, such as radiation risks, radioactivity in foods, and use of radiation in other European countries, are also included in the report.

SISÄLLYSLUETTELO

sivu

JOHDANTO

3

INTRODUCTION

4

SÄTEILYTURVALLISUUTTA KOSKEVIEN EU-DIREKTIIVIEN
VAIKUTUKSET SÄTEILYN KÄYTTÖÖN

9

Olavi Pukkila

SIKIÖN SÄTEILYALTISTUS RÖNTGENTUTKIMUKSISSA JA
TOIMENPITEET SEN YHTEYDESSÄ

11

Antti Servomaa, Wendla Paile

POTILASANNOKSEN MÄÄRITTÄMINEN RÖNTGENTUTKI-
MUKSISSA

23

Antti Servomaa, Matti Toivonen, Ritva Havukainen, Eija Vartiainen

DIGITAALIKUVANTAMINEN TERVEYSKESKUKSESSA

27

Heikki Metso

DIGITAALINEN LEVYKUVANTAMINEN KÄYTÄNNÖSSÄ

30

Mariitta Järvinen

SÄTEILYANNOKSET DIGITAALISESSA LEVYKUVANTA-
MISESSA

34

Juhani Karppinen

DIGITAALISEN LEVYKUVANTAMISEN VIRHETOIMINNOT
JA LAADUNVARMISTUS

37

Antti Servomaa, Juhani Karppinen

ISO 9001 –LAATUJÄRJESTELMÄ TERVEYDENHUOLLOSSA

43

Antti Laine

AUDITOINNIN PERUSTEET RÖNTGENOSASTOLLA KLIININEN AUDITOINTI Teuvo Parviainen	52
OLEN TODELLA HYVÄ LÄHES TÄYDELLINEN – VAI OLENKO? AUDITOINTI KUVANTAMISTOIMINNAN KEHITTÄMISEN TUkena Leena Walta	61
RÖNTGENTOIMINNAN AUDITOINTI ÄHTÄRIN ALUESAIRAALASSA Pirjo Talonen	66
RÖNTGENTUTKIMUKSET TERVEYSKESKUKSISSA TUTKIMUSMÄÄRÄT JA LAATU Teuvo Parviainen	70
LAADUNHALLINTA TERVEYSKESKUKSEN RÖNTGEN- TOIMINNASSA CASE TOIJALA Antti Laine	74
LAADUNVARMISTUKSEN TOTEUTTAMINEN TERVEYS- KESKUKSEN JA AMMATTIKORKEAKOULUN YHTEIS- TYÖNÄ Anja Kettunen, Marja Huovinen	81
KOKEMUKSIA TERVEYSKESKUKSEN LAADUNVARMIS- TUKSESTA LAPIN SAIRAANHOITOPUIRIN ALUEELLA Seppo Suvanto	90
RÖNTGENTOIMINTA ERI MAISSA Antti Servomaa	93
POTILASANNOS ANGIOGRAFIATUTKIMUKSISSA Antti Servomaa, Kalevi Kiviniitty, Sami Leinonen, Minna Heikkilä, Teuvo Parviainen, Tuomo Komppa, Taina Ilus	99

PINTA-ALA-ANNOKSET LASTEN TEHO-OSASTON THORAXTUTKIMUKSISSA	115
Minna Tikkanen, Antti Servomaa, Anja Kettunen, Seija Mattila	
KUVAUSTUTKIMUSTEN POTILASANNOSSEURANTA; MITTAUSTULOKSET JA VERTAILUARVOT YHTEENSOPIVIKSI POTILAAN PAINOINDEKSIIN AVULLA	126
Matti Toivonen, Antti Servomaa, Taina Ilus	
VAHVISTUSLEVYT TERVEYSKESKUKSISSA	138
Antti Servomaa	
IONISOIVAN SÄTEILYN VUOSIANNOKSET JA RISKIARVIOT SUOMESSA	144
Antti Servomaa, Matti Suomela, Tuomo Komppa	
RADIOAKTIIVISET AINEET ELINTARVIKKEISSA	152
Aino Rantavaara, Eila Kostiainen, Ritva Saxén	

SÄTEILYTURVALLISUUTTA KOSKEVIEN EU-DIREKTIIVIEN VAIKUTUKSET SÄTEILYN KÄYTTÖÖN

Olavi Pukkila
Säteilyturvakeskus

Euroopan unionin säteilyturvallisuutta koskevat direktiivit säädetään Euratom-yhteisössä. Säteilyn lääketieteelliseen käyttöön vaikuttavat uusimmat direktiivit ovat:

- työntekijöiden ja väestön terveyden suojelemista koskeva direktiivi 96/29/Euratom (BSS)
- lääketieteellistä säteilyaltistusta koskeva direktiivi 97/43/Euratom (MED)

Kumpikin direktiivi velvoittaa jäsenvaltiot saattamaan direktiivien noudattamista edellyttävät lait, asetukset ja hallinnolliset määräykset voimaan ennen 13.5.2000.

Suomessa säteilylakiin ja -asetukseen tehtiin edellä mainittujen direktiivien johdosta tarvittavat muutokset. Ne astuivat voimaan 1.1.1999. Säteilyn lääketieteellisen käytön osalta lakimuutokset tulevat voimaan 1.1.2000. Säteilylain muutoksen (laki säteilylain muuttamisesta (1142/98)) 10 luku käsittelee säteilyn lääketieteellistä käyttöä seuraavien asioiden osalta:

- säteilyn lääketieteellisen käytön perusteet
- kliininen vastuu
- toimenpiteeseen lähettäminen
- toimenpiteen suorittaminen
- kliininen auditointi
- laadunvarmistus
- valtuutussäännös sosiaali- ja terveysministeriölle (STM) em. asioita koskevien tarkempien säännösten ja vaatimusten päättämisestä.

Miten kyseiset EU-direktiivit vaikuttavat säteilyn käyttöön?

Tässä vaiheessa vastauksena voi esittää, että vaikutukset riippuvat toiminnan harjoittajasta, eli siitä miten terveydenhuollon eri toimipisteissä säteilyä käytetään säteilyturvallisuuden kannalta arvioituna. Joissain tapauksissa säteilyn käytössä ei tapahdu direktiivien johdosta mitään muutoksia. Useimmissa tapauksissa kuitenkin eri suuruisia muutoksia tapahtuu. Muutokset liittyvät aiempaa pienempien potilasannosten käyttöön ja tarkempaan tutkimustekniikan optimointiin.

Vaikka varsinaisessa konkreettisessa säteilyn käytössä ei direktiivin johdosta havaita oleellisia muutoksia, aiheuttavat direktiivit säteilyn käyttöön liittyviin oheistoimintoihin muutoksia tai lisäyksiä. Tällaisia ovat:

- lääketieteellisen radiologisen toiminnan auditointi
- säteilylaitteiden käyttäjien säännöllinen täydennyskoulutus
- säteilylaittekohtaisten toimintaohjeiden laadinta ja päivittäminen
- potilaiden säteilyannosten määrittäminen ja kirjaaminen
- säteilytyöluokan A henkilöiden vuosittaiset terveystarkastukset

Säännöstöstä aiheutuvista muutoksista tiedetään yksityiskohtaisemmin vasta sen jälkeen, kun STM:n päätös säteilylain 41 §:n osalta on valmis.

Valmistelutyöstä voi tässä vaiheessa todeta sen, että STM:n päätöksen olisi oltava valmis tämän vuoden loppuun mennessä ja että valmistuminen ajoittuu ilmeisesti loppuosaan vuotta.

SIKIÖN SÄTEILYALTISTUS RÖNTGEN-TUTKIMUKSISSA JA TOIMENPITEET SEN YHTEYDESSÄ

Antti Servomaa, Wendla Paile
Säteilyturvakeskus

Johdanto

Euroopan unionin direktiivissä 'Henkilöiden terveyden suojelemisesta ionisoivan säteilyn aiheuttamilta vaaroilta lääketieteellisen säteilyaltistuksen yhteydessä' (Neuvoston direktiivi 97/43/Euratom 1997) on kiinnitetty erityistä huomiota sikiön säteilyaltistukseen raskauden aikaisessa tutkimuksessa. Direktiivin 10. artiklassa on käsitelty erityissuojelua raskauden ja rintaruokinnan aikana seuraavasti:

- a) Toimenpiteen määrääjän ja lääketieteellisen toiminnan harjoittajan on tarvittaessa tiedusteltava hedelmöittymisikäiseltä naiselta, onko hän raskaana tai imettääkö hän.
- b) Jos raskauden mahdollisuutta ei voida sulkea pois, lääketieteellisen säteilyaltistuksen laadusta riippuen ja etenkin sen kohdistuessa vatsan ja lantion seutuun on kiinnitettävä erityistä huomiota lääketieteellisen säteilyaltistuksen oikeutukseen, erityisesti sen kiireellisyyteen, ja optimointiin sekä odottavan äidin että syntymättömän lapsen säteilyaltistus huomioon ottaen.
- c) Imettävien naisten osalta on isotooppilääketieteessä lääketieteellisen tutkimuksen tai hoidon laadun mukaisesti kiinnitettävä erityistä huomiota lääketieteellisen säteilyaltistuksen oikeutukseen, erityisesti sen kiireellisyyteen, ja optimointiin sekä äidin että lapsen säteilyaltistus huomioon ottaen.

Yllä olevat ohjeet ovat yleisperiaatteita ja niiden täsmentämiseksi EU:n työryhmä valmistelee suositusta syntymättömän ja pienen lapsen suojelemiseksi raskauden aikaisissa lääketieteellisissä tutkimuksissa.

NRPB Englannissa on julkaissut ohjeen raskauden aikaisista tutkimuksista, joissa käytetään ionisoivaa säteilyä (Sharp 1998). Tämä suositus koskee sikiön säteilyturvallisuutta lääketieteellisen säteilyaltistuksen yhteydessä. Ohjeessa esitetään tyypillisiä sikiön saamia annoksia ja annoksen arviointia eri tutkimuksissa, säteilyriskiä sekä annetaan ohjeita tarvittavista toimenpiteistä.

Röntgenosastoille on jaettu ohjeet raskauden aikaisista tutkimuksista. Joskus kuitenkin sattuu, että alkavaa raskautta ei tiedetä, tai se tiedetään vasta tutkimuksen jälkeen. Mahdollisen haitan todennäköisyyden arvioimiseksi sikiön saama annos täytyy laskea tutkimustekniikkatietojen perusteella. Mitä tarkemmin tutkimustekniikka voidaan selvittää, sitä tarkemmin sikiön annosarviointi voidaan tehdä.

Tässä artikkelissa tarkastellaan säteilyaltistuksen merkitystä sikiön terveydelle, säteilyannoksen ja säteilyriskin arviointia sekä menettelytapaa ja päätöksentekoa säteilyhaitan perusteella. Lisäksi liitteenä on esitetty potilas- ja tutkimustekniikkatietojen dokumentoimiseksi lomakemalli, johon kerättyjen tietojen perusteella sikiön saama annos voidaan arvioida..

Röntgenaltistuksen merkitys sikiön terveydelle

Säteilyaltistus voi aiheuttaa sikiön kuoleman, kehityshäiriöitä, vakavaa henkistä jälkeenhäiriöisyyttä, lievempää älykkyyden alenemista sekä yleistä kasvuhäiriötä. Näille ns. deterministisille vaikutuksille on olemassa säteilyannoksen kynnysarvo, jonka alapuolella vaikutus ei tule esille. Säteily voi myös lisätä sikiön syöpäriskiä tai aiheuttaa perinnöllistä haittaa. Nämä vaikutukset ovat satunnaisia eikä niille ole kynnysarvoa.

Säteilyn deterministiset vaikutukset ja niiden kynnysarvot riippuvat raskauden vaiheesta. Raskauden kesto on 40 viikkoa laskettuna viimeisten kuukautisten alkamisesta. Käytännössä tärkeä vaihe on ns. tuntematon raskaus eli aika, jolloin raskaus ei ole vielä tiedossa. Raskausviikkoina 3 ja 4 kuukautiset eivät ole vielä myöhässä. Säteilyaltistus tässä vaiheessa saattaa aiheuttaa alkion kuoleman jo ennen kuin se on kiinnittynyt kohdun seinämään ja raskaus on kliinisesti alkanut. Tälle vaikutukselle ei ole pystytty määrittämään kynnysarvoa. Sen sijaan eläinkokeissa tai ihmisillä ei ole koskaan todettu, että säteilyaltistus tässä vaiheessa aiheuttaisi kehity-

shäiriöitä. Eläinkokeissa korkeankin säteilyaltistuksen jälkeen elävinä syntyneet poikaset ovat olleet normaaleja.

Ensimmäisten viikkojen jälkeen alkion herkkyys säteilyn tappavalle vaikutukselle alenee nopeasti. Raskausviikot 4 - 9 ovat *organogeneesi* eli aika, jolloin elimet kehittyvät ja sikiön ulkomuoto muodostuu. Tämän vaiheen alussa raskaus ei välttämättä ole vielä tiedossa, etenkin jos kuukautiskierto on ollut epäsäännöllinen. Tämän takia alkion tahaton altistus on mahdollinen.

Korkea säteilyaltistus organogeneesin aikana saattaa aiheuttaa kehityshäiriöitä. Eläinkokeiden perusteella kynnysarvona voidaan pitää 0,2 Gy (NRPB 1993). Ihmisillä herkimmin vaurioituu keskushermosto. Käytännössä vakavia kehitysvaurioita on kuvattu ihmisillä organogeneesin aikana ainoastaan sädehoidon seurauksena. Kuitenkin pienipäisyyttä (ilman jälkeenjääneisyyttä) epäillään syntyneen Japanin pommituksessa altistuneilla joissakin tapauksissa jo 100 mGy:n jälkeen. Pienet säteilyannokset eivät voi aiheuttaa kehityshäiriöitä satunnaisesti tässä vaiheessa.

Organogeneesin jälkeen seuraa *sikiökausi*, joka kestää koko loppuraskauden. Sikiökauden alussa raskausviikkoina 10 - 17 keskushermoston kehitys on nopeaa ja sen säteilyherkkyys on suurimmillaan. Vakavaa henkistä jälkeenjääneisyyttä on todettu Japanin pommituksissa altistuneiden joukossa etenkin niillä, jotka altistuivat yli 0,5 Gy:n annoksille. Todennäköisin kynnysarvo onkin noin 0,5 Gy ja kynnysarvon alempi luottamusväli noin 0,3 Gy, kun analyysistä jätetään pois ne tapaukset, joilla jälkeenjääneisyys ilmeisesti johtuu muusta syystä (Downin syndrooma, 2 tapausta) (Otake et al. 1996). Ei voida kuitenkaan sulkea pois, että huomattavasti alhaisemmilla annoksilla voisi olla lievä vaikutus älykkyyteen. Jopa alle 100 mGy:n annoksella saattaisi olla marginaalinen vaikutus. Tämä olisi kuitenkin niin vähäinen, ettei sitä voisi älykkyytsteillä osoittaa. Pienipäisyyttä epäillään myöskin voivan syntyä jo 100 mGy:n annoksen jälkeen (Otake et al. 1998).

Raskausviikkoina 18 - 27 keskushermoston säteilyherkkyys on huomattavasti pienempi; vakavaa jälkeenjääneisyyttä on kuvattu vasta yli 1 Gy:n annoksen jälkeen. Pienipäisyyttä ei tässä vaiheessa enää ole kuvattu.

Yleinen kasvuhäiriö on mahdollinen seuraus korkeasta säteilyannoksesta missä tahansa raskauden vaiheessa. Kynnysarvo on kuitenkin melko korkea.

Kaikissa raskauden vaiheissa determinististen vaikutusten kynnsarvot ylittävät selvästi useimmissa röntgentutkimuksissa mahdolliset annokset. Poikkeuksena ovat muutamat tutkimukset, joissa sikiön annos saattaa olla useita kymmeniä mGy:tä tai ääritapauksessa jopa 80 mGy:tä. Tämä lähentelee annoksia, joilla epäillään raskauden herkipänä aikana voivan olla lieviä vaikutuksia keskushermoston kehitykseen ja älykkyyteen. Herkipänä aikana raskaus on kuitenkin yleensä jo hyvin tiedossa, joten tahattoman altistuksen ei pitäisi olla mahdollinen. Radiologiset toimenpiteet ja sädehoito voivat merkitä huomattavasti korkeampia annoksia. Nämä ovat tämän tarkastelun ulkopuolella.

Vastakohtana deterministisille vaikutuksille satunnaisvaikutuksilla ei ole kynnsarvoa. On todettu, että raskaudenaikainen röntgentutkimus aiheuttaa kehittyvälle sikiölle lisääntyneen riskin sairastua syöpään lapsuuden aikana. Tämä riski koskee kaikkia raskauden vaiheita, siis myös aikaa, jolloin raskaus ei ole vielä tiedossa. On arvioitu, että riski sairastua syöpään ennen 15 vuoden ikää on 6 %/Gy. Tämä tarkoittaa, että 10 mGy:n annos aiheuttaisi 1:1700 riskin (Doll et al. 1997). Kun ilman säteilyä noin yksi lapsi viidestäsadasta sairastuu syöpään lapsuuden aikana, syöpäriski olisi tämän mukaan 10 mGy:n annoksen jälkeen noin 30 % korkeampi, ja 35 mGy:n annos raskauden aikana kaksinkertaistaisi lapsuudenaikaisen syövän riskin. Noin puolet lasten syöivistä pystytään nykyään parantamaan.

Syöpäriski luultavasti säilyy myös lapsuuden jälkeen, mutta tästä ei ole havaintoihin perustuvaa numeroarviointia. Syöpäriskiin verrattuna perinnöllisten vaikutusten riski on pieni.

Syöpäriskin vuoksi erityisesti sellaiset diagnostiset toimenpiteet, joista aiheutuu usean kymmenen milligrayn annos lantion alueelle, on vältettävä kaikissa raskauden vaiheissa ja myös silloin kun raskaus on mahdollinen, vaikka kuukautiset eivät olisi vielä myöhässä. Tällöin on vaihtoehtoisia tutkimusmenetelmiä, joihin ei liity altistusta ionisoivalle säteilylle, aina harkittava ensisijaisesti. On kuitenkin pidettävä mielessä, että tarpeellisesta kuvauksesta voi olla hyötyä paitsi äidille myös lapselle, ja että kuvauksen lykkääminen ja suorittaminen myöhemmin mahdollisen raskauden edettyä voi aiheuttaa lapselle suuremman riskin.

Jos myöhemmin käy ilmi, että alkio on tahattomasti altistettu ennen kuin raskaus on ollut tiedossa, pieni ylimääräinen syöpäriski ei anna aiheutta raskauden keskeytykseen. Altistus diagnostiselle toimenpiteelle tuntemattoman raskauden aikana ei lisää epämuodostumien määrää.

Säteilyaltistuksen arviointi

Sikiön säteilyaltistuksen arvioimiseksi tarvitaan tarkat tiedot tutkimustekniikasta. Liitteenä on esimerkki tutkimuslomakkeesta tutkimustekniikan dokumentoimiseksi. Tutkimustiedot kirjataan sairaalassa mahdollisimman tarkasti tutkimuslomakkeeseen, jonka jälkeen se lähetetään STUKiin. Siellä lasketaan tutkimuksesta aiheutuva sikiön säteilyaltistus ja arvioidaan altistuksesta aiheutuva haitta. Yleisesti voidaan todeta, että lantion alueelle kohdistuvissa tutkimuksissa, joissa sikiö jää suoraan primaarikeilaan, se saa suurimman annoksen. Säteilysäteilykentän ollessa kauempana sikiöstä siihen kohdistuu vain siroonnutta säteilyä ja annos jää usein pieneksi. Taulukossa I on esitetty sikiöannosten keskiarvoja ja suurimpia arvoja eräissä röntgen-tutkimuksissa Englannissa.

Taulukko I. Sikiöannokset eräissä röntgentutkimuksissa (Sharp 1998).

Tutkimus	Sikiöannos (mGy)	
	Keskiarvo	Maksimi
Natiivitutkimukset		
Kallo	< 0,01	< 0,01
Keuhkot	< 0,01	< 0,01
Rintaranka	< 0,01	< 0,01
Lanneranka	1,7	10
Lantio	1,1	4
Vatsa (AP)	1,4	4,2
Läpivalaisututkimukset		
Paksusuolen varjoainetutkimus	6,8	24
Mahalaukun varjoainetutkimus	1,1	5,8
Urografia	1,7	10

Tietokonetomografia		
Kallo	< 0,005	< 0,005
Keuhkot	0,06	0,96
Lanneranka	2,4	8,6
Vatsa	8	49
Lantio	25	79
Pelvimetria	0,2	0,4

Annokset samassa tutkimuksessa vaihtelevat paljon eri potilailla ja eri sairaaloissa. Suurimmat sikiöannokset tulevat paksunsuolen varjoainetutkimuksissa ja vatsan alueen TT-tutkimuksissa. Koska annosvaihtelut ovat suuria, tulisi sikiöannos arvioida jokaisessa tapauksessa erikseen, eikä käyttää kirjallisuudessa esitettyjä keskimääräisiä annoksia. Sikiöannos voi vaihdella tekijällä yli 10 tietyssä tutkimuksessa potilaan koosta ja tutkimustekniikasta johtuen (Rannikko 1997). Ainoastaan alavatsan alueen ulkopuolella tehdyistä röntgentutkimuksista suurimmatkin sikiöannokset todennäköisesti jäävät alle muutaman mGy:n.

Sikiöannoksen arvioinnin tarkkuuteen vaikuttaa myös sikiön syvyyden vaihtelu lantiossa. Perisinakis et al tutkivat ultraäänellä 74:ltä raskaana olevalta naiselta sikiön etäisyyttä ihosta AP-suunnassa raskauden alkuvaiheessa ja vertasivat niitä 75:n ei raskaana olevan naisen kohdun etäisyyteen ihosta (Perisinakis 1999). He totesivat, että ennen virtsarakon täyttymistä sikiön syvyys vaihteli välillä $8,4 \pm 2,2$ cm ja rakon täyttymisen jälkeen $5,8 \pm 1,7$ cm. Sikiön syvyys vaihtelee siten välillä 4 - 10 cm. Kontrolliryhmällä kohdun syvyys vaihteli ennen rakon täyttymistä välillä $9,5 \pm 1,5$ cm ja täyttymisen jälkeen $4,7 \pm 1,0$ cm. Annoslaskennassa lasketaan kohdun saama annos, vaikka kohdun ja sikiön syvyydessä on selvä ero. Sikiön syvyyden muutos 10 cm \rightarrow 4 cm kasvattaa sikiön annoksen 3,1-kertaiseksi kuvattaessa sikiötä primaarikeilassa (80 kV, 3.0 mmAl, FSD 80 cm, 20x20 cm² kenttä). (Tapiovaara 1983)

Useimmista diagnostisista toimenpiteistä aiheutuvat annokset yksittäisissä raskaustapauksissa eivät merkitse olennaista riskiä aiheuttaa sikiön kuolema, epämuodostuminen tai henkisen kehityksen häiriintyminen.

Taulukossa II on esitetty eräiden tavanomaisten röntgentutkimusten ja tietokonetomografiatutkimusten aiheuttama riski sairastua syöpään ennen 15 vuoden ikää sikiön altistuessa ionisoivalle säteilylle röntgentutkimuksissa. Käytetty riskiarvio on 1:17000/mGy ($6,0 \times 10^{-5}/\text{mGy}$). NRPB on omissa laskelmissaan käyttänyt syöpäkuoleman riskistä arviota 1:34000/mGy, koska noin puolet lapsuuden aikaisista syövästä pystytään nykyään parantamaan.

Taulukko II. Lapsuuden aikaisen syövän riski sikiön altistuessa ionisoivalle säteilylle röntgentutkimuksissa.

Tutkimus	Keskimääräinen sikiöannos (mGy)	Syöpäriski 15 ikävuoteen asti
Tavanomaiset tutkimukset		
Natiivivatsa	1,4	1:12 000
Paksunsuolen varjoainetutkimus	6,8	1:2 500
Mahalaukun varjoainetutkimus	1,1	1:15 000
Urografia	1,7	1:10 000
Lanneranka	1,7	1:10 000
Lantio	1,1	1:15 000
Tietokonetomografiatutkimukset		
Natiivivatsa	8,0	1:2 000
Lanneranka	2,4	1:7 500
Lantio	25	1:650

Riskikertoimet vaihtelevat välillä 1:15 000 ($6,6 \times 10^{-5}$) (lantion röntgentutkimus) ja 1:650 (15×10^{-4}) (lantion TT-tutkimus). Valtaosa röntgen- ja isotooppitutkimusten aiheuttamista riskeistä on alle 1:5 000. Lapsuusajan syöpäriskiä 1:650 (15×10^{-4}) voidaan pitää merkittävänä riskinä. Mikä tahansa toimenpide, joka aiheuttaa muutaman kymmenen mGy:n sikiöannoksen, sisältää merkittävän riskin. Tämä takia jokaisessa tutkimuspaikassa olisi tiedettävä sikiöannoksen suuruus.

Suurimmassa osassa diagnostisia tutkimuksia, joissa sikiöannokset ovat korkeintaan muutaman mGy:n suuruisia, niistä aiheutuvien lapsuusajan riskien katsotaan olevan hyväksyttäviä verrattaessa luonnolliseen riskiin.

Harvat tutkimukset, joissa sikiö voi altistua usean kymmenen mGy:n annokselle, voivat aiheuttaa lapsuudenaikaisen syövän riskin kasvamisen yli kaksinkertaiseksi. Tämä riski on noin 1:500. Se ei anna aiheutta raskauden keskeytykseen.

Menettelytapa ja päätöksenteko

Jos hedelmällisessä iässä oleva nainen joutuu tutkimukseen, jossa primaarikeila kohdistuu lantion alueelle, tai tutkimuksessa käytetään radioaktiivisia isotooppeja, häneltä pitäisi kysyä, onko hän raskaana tai saattaisiko hän olla raskaana (onko esim. käytetty luotettavaa ehkäisyä). Jos potilas ei voi sulkea pois mahdollista raskautta, häneltä pitäisi kysyä, ovatko hänen kuukautisensa viivästyneet. Potilaan vastauksesta riippuen tapaukset voidaan luokitella seuraavasti:

Raskaus ei mahdollinen

Tutkimus suoritetaan normaalisti

Raskaus varma tai todennäköinen

Jos raskaus on varmistettu tai todennäköinen, tarkista uudelleen tutkimuksen oikeutus ja päätä, voiko tutkimuksen korvata toisella menetelmällä, joka ei sisällä altistusta ionisoivalle säteilylle, tai voiko suorittamisen siirtää synnytyksen jälkeen. Tällöin on huomioitava, että toimenpiteestä aiheutuva kliininen hyöty äidille saattaa tuottaa epäsuoraa hyötyä myös syntymättömälle lapselle ja että toimenpiteen viivyttäminen myöhempään raskauden vaiheeseen saattaa aiheuttaa suuremman riskin sikiölle. Jos toimenpide suoritetaan, tulee sikiöannos pitää niin pienenä kuin diagnostisen tarkoituksen kannalta on mahdollista.

Alhaisen annostason toimenpiteet, raskautta ei voida poissulkea

Tutkimus tehdään, edellyttäen, että kuukautiskierto ei ole viivästynyt. Jos kuukautiskierto on viivästynyt, noudatetaan edellisen kappaleen ohjeita.

Korkean annostason toimenpiteet

Tällaiseksi katsotaan tutkimus, jossa sikiöannos on useita kymmeniä mGy:tä. Useimmilla osastoilla ainoat tavanomaiset tutkimukset näillä sikiöannostasoilla ovat vatsan ja lantion alueen TT-tutkimukset. Kuitenkin mikä tahansa tutkimus, josta aiheutuu sikiölle tätä luokkaa olevia annoksia, saattaa aiheuttaa merkittävän syöpäriskin. Sen vuoksi on tärkeää, että jokaisella osastolla tunnetaan annosten suuruudet. Tällaiset tutkimukset olisi pyrittävä suorittamaan kuukautiskierron alussa, kun raskaus on hyvin epätodennäköinen (rajoitettu paluu 10-päivän sääntöön). Jos nainen kuitenkin saapuu tutkimukseen kierron loppupuolella eikä raskautta voida sulkea pois, tutkimus olisi lykättävä seuraavan kierron alkuun ainoastaan sillä edellytyksellä, että sen voi turvallisesti lykätä koko raskauden yli siinä tapauksessa, että raskaus olisikin alkamassa.

Jos käy ilmi, että ohjeista huolimatta sikiö on epähuomiossa altistettu, pieni säteilyn aiheuttama riski sikiölle ei oikeuta sellaisiin invasiivisiin sikiödiagnostisiin toimenpiteisiin, jotka aiheuttaisivat suurempia riskejä sikiölle ja äidille (erityisesti kun niillä ei pysty osoittamaan mitään säteilyn aiheuttamaa vaikutusta), eikä riski anna aihetta raskauden keskeytykseen. Varhainen keskenmeno on mahdollinen korkean annoksen jälkeen, mutta jos raskaus jatkuu, kehityshäiriön riski ei ole tavanomaista suurempi. Erityisesti syöpäriskin arvioinnin vuoksi on kuitenkin suoritettava sikiöannoksen tarkka tapauskohtainen laskenta.

Esimerkki sikiöannoksen laskennasta ja lausunto

Röntgentutkimus:

Nuorelle raskaana olevalle naiselle tehtiin seuraavat röntgentutkimukset: vatsa AP (seisten), vatsa AP (maaten) ja keuhko PA. Raskaus huomattiin vasta röntgentutkimusten jälkeen. Kuvauslaite oli varustettu pinta-ala-annosmittarilla, joten eri tutkimusten pinta-ala-annokset tiedetään.

Potilas- ja tutkimustekniikkatiedot:

Potilastiedot:	Noin 20 vuotias 160 - 170 cm pitkä ja tukevahko, raskaus 6 - 8 viikko
Tutkimustekniikka:	
Vatsa AP (seisten) :	66 kV, suodatus 3.5 mmAl, FFD 110 cm, valotusauto- maatti, kenttäkoko filmillä 34 x 42 cm ² , pinta-ala- annos 5371 mGy cm ² .
Vatsa AP (maaten):	Tekniikka sama kuin edellä, pinta-ala-annos 3152 mGy cm ²
Keuhko PA:	125 kV, suodatus 2 mmAl + 0,1 mmCu, FFD 200 cm, kenttäkoko 34 x 34 cm ² , pinta-ala-annos 98 mGy cm ²

Sikiöannoksen laskenta:

Sikiöannoksen laskentaa varten tutkimuksesta on käytettävissä hyvät tutkimustekniikkatiedot ja potilasannostiedot. Annokset on laskettu PCXMC-annoslaskentaohjelmalla (Tapiovaara 1997).

Tutkimus	Sikiöannos
Vatsa AP (seisten)	1,55 mGy
Vatsa AP (maaten)	1,50 mGy
Keuhko PA	0,0002 mGy
Yhteensä	3,2 mGy

Johtopäätös:

Sikiön annos:	3,2 mGy
Arvio säteilyhaitasta:	Säteilyaltistus ei aiheuta kehityshäiriötä. Lapsuuden aikaisen syövän riski on noin 1:5000, mikä on 10 % lapsuuden aikaisen syövän yleisyydestä ilman säteilyaltistusta. Aihetta raskauden keskeyttämiseen ei ole.

Viitteet

Doll R, Wakeford R. Risk of childhood cancer from fetal irradiation. *British Journal of Radiology* 1997; 70: 130-139.

Euroopan neuvosto 1997. Henkilöiden terveyden suojelemisesta ionisoivan säteilyn aiheuttamilta vaaroilta lääketieteellisen säteilyaltistuksen yhteydessä. Neuvoston direktiivi 97/43/Euratom. Luxemburg 1997.

NRPB. Diagnostic medical exposures: exposure to ionising radiation of pregnant women. Doc NRPB 4, No 4, 5-14, 1993.

Otake M, Schull WJ. Review: Radiation-related brain damage and growth retardation among the prenatally exposed atomic bomb survivors. *Int J Radiat Biol* 1998; 74 (2): 159-171.

Otake M, Schull WJ, Lee S. Threshold for radiation-related severe mental retardation in prenatally exposed A-bomb survivors: a re-analysis. *Int J Radiat Biol* 1006; 70 (6): 755-763.

Perisinakis K, Damilakis J, Vagios E, Gourtsoyiannis N. Embryo depth and dimensions during the first trimester: data required for accurate estimation of embryo absorbed dose resulted from radiological procedures. Scientific Programme and Abstracts Supplement 1 to vol 9. *European Radiology* (1999) ECR'99 European Congress of Radiology March 7-12, 1999, Vienna Austria.

Rannikko S, Karila KTK, Toivonen M. Patient and population doses of x-ray diagnostics in Finland. STUK-A144. Helsinki: Oy Edita Ab, 1997, 1-59.

Sharp C, Shrimpton JA, Bury RF. Diagnostic medical exposures: Advice on exposure to ionizing radiation during pregnancy. Joint guidance from National Radiological Protection Board, College of radiographers and royal College of Radiologists. 1998

Tapiovaara M, Lakkisto M, Servomaa A. PCXMC - A PC-based Monte Carlo program for calculating patient doses in medical x-ray examinations. STUK-A139. Helsinki: Oy Edita Ab, 1997, 1-55.

Tapiovaara M. Röntgendiagnostisen fysiikan käsikirja. Osa II. Potilasannokset. STL-B54. Helsinki: Valtion painatuskeskus, 1983.

TUTKIMUSLOMAKEMALLI

Raskauden aikainen röntgentutkimus

Sairaala- ja potilastiedot:

Sairaala:			
Potilastiedot:	Ikä _____	Pituus _____	Paino _____
Raskausviikko _____			
Tutkimus:	Natiivi _____	Läpival. _____	TT _____ Muu _____

Natiivitutkimus:

Röntgenlaite: _____			
Tutkimus/projektio*: _____			
Kuvausarvot:	FFD _____	Suod. _____	kV _____ mAs _____
	Kenttäkoko _____	filmillä _____	Annos (jos mitattu) _____
Sikiö primäärikelassa	Kyllä _____	Ei _____	
Kuva tutkimuskohteesta:	Piirrä tarvittaessa kentän sijainti lomakkeen takana olevaan kuvaan		
*Tiedot jokaisesta projektioista erikseen			

Röntgenläpivalaisututkimus:

Tutkimus/Projektio _____			
Tutkimusarvot:			
Kuvaus*:	Kuvien lukumäärä _____	FFD _____	Suod. _____
	KV _____	mAs _____	
	Kenttäkoko filmillä _____		
	Annos (jos mitattu) _____		
	Sikiö primäärikelassa	Kyllä _____	Ei _____
Läpivalaisu**:	kV _____	mA _____	Lpvaika _____ Annos _____
	Sikiö primäärikelassa	Kyllä _____	Ei _____

Kuva	tut-	Piirrä tarvittaessa kentän sijainti lomakkeen ta-
kimuskohteesta:		kana olevaan kuvaan
*Tiedot jokaisesta projektista erikseen, jos mahdollista, muuten kes-		
kimääräiset tiedot		
**Keskimääräiset tiedot, jos tarkkoja tietoja ei ole käytettävissä		

Tietokonetomografiatutkimus:

Röntgenlaite: _____			
Tutkimus:	_____	Leike	Spir. _____
Tutkimuskohde:	_____		
Tutkimustekniikka*:	kV _____	Suod. _____	mAs _____
	Leikkneiden lukum. _____ Leikepaksuus _____		
	Siirto _____		
	Sikiö primäärikeilassa Kyllä _____ Ei _____		
Kuva	tut-	Piirrä tarvittaessa kentän sijainti lomakkeen ta-	
kimuskohteesta:	kana olevaan kuvaan		
* Jokaisesta leikesarjasta (natiivi, varjoaine) tiedot erikseen			

Muu tutkimus

(Käytä soveltuvin osin edellisiä taulukoita)

POTILASANNOKSEN MÄÄRITTÄMINEN RÖNTGENTUTKIMUKSISSA

**Antti Servomaa, Matti Toivonen, Ritva Havukainen,
Eija Vartiainen
Säteilyturvakeskus**

Direktiivi lääketieteellisestä säteilyaltistuksesta

Säteilyn lääketieteellistä käyttöä koskeva direktiivi 97/43/Euratom (ns. MED-direktiivi) edellyttää radiologisista tutkimuksista aiheutuvien potilasannosten ja niistä väestölle aiheutuvan säteilyannoksen määrittämistä. Terveystieteiden yksiköiden on selvitettävä standardikokoisen potilaan annos tietyissä röntgentutkimuksissa. Annostietojen ja tutkimusmäärien perusteella STUK arvioi väestölle aiheutuvan annoksen. Euroopan unionille ja UNSCEARille (United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation) on ilmoitettava säännöllisin väliajoin potilasannoksista ja tutkimusmääristä.

Tämän vuoden alussa tuli voimaan säteilylain muutos (1142/1998), jossa vahvistetaan perusteet direktiivin vaatimusten täytäntöön panemiseksi. Lakimuutoksen kohtia, jotka koskevat säteilyn lääketieteellistä käyttöä sovelletaan kuitenkin vasta vuoden 2000 alusta lähtien. Yksityiskohtaiset vaatimukset annetaan sosiaali- ja terveysministeriön päätöksessä ja Säteilyturvakeskuksen ST-ohjeissa.

Röntgentutkimuksista aiheutuvien potilasannosten avulla voidaan arvioida röntgenosaston säteilyturvallisuustasoa, optimoida tutkimustekniikkaa ja tunnistaa suurta altistusta aiheuttavat tutkimukset. Kertyvää tutkimus- ja annostietoa tullaan myös käyttämään hyväksi tutkimusten efektiivisten annosten ja väestöannoksen arvioinneissa.

Potilasannosseurannan kokonaisjärjestelyissä tarvitaan yhteistyötä terveydenhuollon yksiköiden, oppilaitosten, laitetoimittajien ja Säteilyturvakeskuksen välillä. Keskustelun käynnistämiseksi ohessa on esitetty alustavia näkemyksiä potilasannosten määrittämisestä.

Mittausmenetelmät

Potilasannos voidaan määrittää useilla eri menetelmillä, ja toiminnan harjoittaja voi valita itselleen sopivimman menetelmän. Potilasannosmittauksissa keskeisiä tekijöitä ovat mitattava suure (pinta-annos, pinta-ala-annos), mittaukselle asetettavat vaatimukset (tarkkuus, pienin mittava annos), säteilymittareiden kalibrointi, tallennettavat tiedot ja tallennusmenetelmät.

Soveltuvia mittausmenetelmiä ovat:

1. Annoksen ja pinta-alan tulon suora mittaaminen DAP-mittarilla.
2. Potilaan pinta-annoksen suora mittaaminen termolosteannosmittarilla (TL-dosimetrilla)
3. Potilaan pinta-annoksen laskenta säteilytysparametreista ja röntgenputken säteilytuotosta.
4. Annoksen mittaaminen potilasvastineen pinnalta ionisaatiokammioilla tai TL-dosimetrilla

Eri tavoin määritettyjen potilasannosten tulee olla vertailukelpoisia keskenään ja vahvistettuihin vertailuarvoihin.

Potilasannosmittaukset DAP-mittareilla

DAP-mittari asennetaan röntgenputken kaihdinkoppaan tai sen alle jatkuvaan käyttöön tai vain tarpeellisten mittausten ajaksi. Mittarin näyttö nolataan ennen kuvan ottamista, ja potilasannos (DAP) kirjataan valotuksen jälkeen lomakkeelle. Lomakkeelle kirjataan myös ne tutkimus-, säteilytys- ja potilastiedot, joita tarvitaan, kun potilasannoksia verrataan myöhemmin vertailuarvoihinsa tai mittaustulosten perusteella halutaan arvioida efektiivistä annosta. Potilasannos- ja oheistiedot lähetetään ohjeiden mukaisesti STUKiin.

Tehtaan suorittama DAP-mittarin kalibrointi ei anna aina riittävän tarkkoja tuloksia röntgenputkien ja kaihdinkoppien erilaisuuden vuoksi. Ensiasennuksen jälkeen on siksi tarpeen tarkistaa DAP-mittarin toiminta tekemällä vertailu muuhun DAPin määritysmenetelmään.

Potilasannosmittaukset TL-dosimetreilla

STUKista voi tilata termoloistemittareita potilasannosten mittauksia varten. TL-dosimetrit, esitäytetty lomake tutkimustietojen kirjausta varten sekä mittausohjeet lähetetään postitse röntgenosastolle. Mittari kiinnitetään potilaan iholle kuvauksen ajaksi ja tarvittavat tutkimustiedot kirjataan. STUK määrittää palautetuista mittareista annokset, korjaa ne pituus- ja painotietojen perusteella vastaamaan standardikokoisten potilaiden ihoannoksia, kirjaa annokset annostiedostoon ja ilmoittaa annostiedot röntgenosastolle.

Potilasannoksen laskenta röntgenputken säteilytuotosta

Toiminnan harjoittaja laskee annettavien ohjeiden mukaisesti sovitussa tutkimuksissa potilaiden pinta-annokset käyttäen röntgenputken säteilytuottomittausten tuloksia (mGy/mAs), tutkimus-, säteilytys- ja potilastietoja sekä säteilyn takaisinsirontakertoimia. Potilasannos- ja oheistiedot lähetetään ohjeiden mukaisesti STUKiin. Potilasannoksen määrittäminen tarkistetaan säännöllisin välein tekemällä vertailu suoraan mitattuun potilasannokseen.

Röntgenputkien säteilytuottomittausten tuloksia on esitetty muun muassa STUKin tarkastuspöytäkirjoissa ja laitetoimittajien suorittamien vakioisuusmittausten asiakirjoissa. Säteilytuottomittauksia voivat tehdä muutkin STUKin hyväksymät organisaatiot tai henkilöt. Röntgenputken säteilytuottomittaus on uusittava 2 vuoden välein ja aina, kun laitteistoon tehdään säteilytuottoon vaikuttavia muutoksia.

Mittaukset potilasvastinetta käyttäen

Toiminnan harjoittaja mittaa ohjeiden mukaisesti potilasvastineen pinta-annoksen ionisaatiokammion avulla tai TL-dosimetreillä ja ilmoittaa tuloksen STUKiin. Potilasvastineen tulee vastata standardikokoisen potilaan ominaisuuksia esimerkiksi säteilyn vaimennuksen ja sironnan yms. osalta. STUK antaa ohjeet sopivista potilasvastineista ja muuntokertoimista, joiden avulla tuloksia korjataan tarvittaessa vastaamaan standardi- tai keskikokoisten potilaiden annoksia. Säteilymittarit kalibroidaan STUKin ohjeiden mukaisesti.

Potilasvastineeseen perustuvaa potilasannosseuranta pidetään huonona (Institute of Physical Sciences 1992), koska sen tulokset eivät kuvaa oikealla tavalla esimerkiksi valotusautomaatin toimintaa. Menetelmän tärkein käyttö on siksi läpivalaisututkimuksissa ja radiologisissa toimenpiteissä käytettävien röntgenlaitteiden optimoinnin teknillisissä annos- ja annosnopeusmittauksissa.

STUK ohjaa ja valvoo potilasannosten mittausta ja ylläpitää tutkimusmäärä- ja potilasannostiedostoja. STUK tarjoaa maksullisena palveluna: a) potilasannosmittauksia TL-dosimetreillä, b) potilasannosten laskentapalveluja sekä c) ohjaa, neuvoo ja käynnistää annosmittausten suorittamisen ja d) järjestää koulutusta mittausten suorittamiseksi ja annosten laskemiseksi.

Vertailuannokset

Potilaiden vertailuannoksia röntgentutkimuksissa ovat esittäneet mm. EU, englantilainen dosimetriatyöryhmä (Institute of Physical Sciences 1992) ja pohjoismaat (Nordic Co-operation 1996). Ne ovat suosituksia ja soveltuvat vain standardikokoisten potilaiden vertailuannoksiksi. STUK asettaa Suomessa vertailuannokset STM:n päätöksen perusteella ST-ohjeissa. Jos mitatut annokset ovat vertailuannoksia suurempia, on tulosten oikeellisuus varmistettava lisämittauksin. Vertailuannoksia suurempien annosten syy on selvitettävä (laadunvarmistusmittaukset, laitemyyjä,ym) ja ryhdyttävä korjaaviin toimenpiteisiin.

Viitteet

Euroopan neuvosto 1997. Henkilöiden terveyden suojelemisesta ionisoivan säteilyn aiheuttamilta vaaroilta lääketieteellisen säteilyaltistuksen yhteydessä. Neuvoston direktiivi 97/43/Euratom. Luxemburg 1997.

Institute of Physical Sciences. National protocol for patient dose measurements in diagnostic radiology. Dosimetry Working Party of the Institute of Physical Sciences in Medicine. Chilton: National Radiological Protection Board, 1992.

Nordic Co-operation. Nordic guidance levels for patient doses in diagnostic radiology. Report No 5 on Nordic radiation protection co-operation of radiation protection and nuclear safety authorities. STUK, Helsinki 1996.

DIGITAALIKUVANTAMINEN TERVEYSKESKUKSESSA

Heikki Metso
Mikkelin seudun terveyskeskus

Digitaalikuvantaminen terveyskeskuksiin

Digitaalikuvantaminen soveltuu mielestäni erinomaisesti terveyskeskuksiin, varsinkin harvaanasutulla seudulla, jossa radiologin palvelut on vaikeasti saatavissa. Digitaalikuvantaminen antaa mahdollisuuden siirtää kuvaa verkossa ja näin voidaan saada radiologin kommentti asiaan välittömästi. Nyky aikaan ei kuulu diagnoosin odottelu viikkokaupalla. Haittana pienillä terveyskeskuksilla on laitteen korkea hankintahinta, mutta eihän se ilmaista ole radiologin käynti maaseudullakaan.

Digitaalikuvantaminen Mikkelissä

Mikkelin seudun terveyskeskuksen on viiden kunnan muodostama terveydenhuollon kuntayhtymä. Väestöpohja on noin 54 000 asukasta ja röntgentoiminta on keskitetty pääterveysasemalle. Teemme vuodessa yli 15 000 röntgentutkimusta, ja käytämme noin 24 000 digitaalfilmiä eli miltei filmipaketti/työpäivä.

Oman radiologin vuoksi emme ole riippuvaisia konsultaatiopalveluista. Siirryimme digitaalikuvantamiseen kesällä 1993. Hankimme FUJI AC 1 -kuvalukijan ja tulostimen. Tämä vastasi melko hyvin odotuksiimme alentaa sädeannosta, siirtyä pimiöstä päivänvaloon ja saada diagnostisesti korkeatasoisia kuvia. Laite osoittatui kuitenkin yllättävän hitaaksi ja toimintavarmuus oli epätasaista. Digitaalisuudestaan huolimatta tämä laitteisto oli yllättävän mekaaninen konstruktio, johon useimmat viat kohdistuivat.

Keväällä 1997 vaihdoimme AC 1:n uuden sukupolven laitteeseen FUJI AC 3 -kuvalukijaan ja FLIM D -tulostimeen. Kuvatulos ei silminnähten muuttunut, mutta toimintavarmuus ja nopeus lisääntyivät huomattavasti.

Kuvatyöasema

Olemme koko tämän kuusivuotiskauden työskennelleet ilman kuvatyöasemaa, koska tämä ei Fujilla kuulu perusversioon ja meillä ei ole tarvetta kuvansiirtoon, koska Mikkelin keskussairaalalla ei vielä ole digitaalikuvantamisjärjestelmää. Kuvansiirtoa suoritamme kyllä päivittäin, mutta se tapahtuu pakettiautolla.

Kuvatyöasemasta olisi toki hyötyä kuvien korjailussa ja lisämerkintöjen tekemisessä jne., mutta ilmeisesti voi tulla toimeen ja tehdä lisämerkinnät filmeihin tussikynällä. Lisäkuvauksia työasema voisi hieman vähentää, mutta hukkafilmiä määrää se päinvastoin lisää.

Tulostamme kaikki kuvat filmille ja pääasiassa tuplakuvina, eli toinen versio on rekonstruoitu ja toinen on perinteinen. Tästä tulostustavasta on haittana se, että kuvat ovat pienennettyjä, jopa 50 %. Informaation kannalta rekonstruoitu kuva tuo uusia asioita esille, esimerkiksi pehmytosat tulevat paremmin esille ja ääriiivat korostuvat.

Sädeannos

Tavoitteenamme oli laskea sädeannoksia siirryttäessä digitaalikuvantamiseen. Tässä olemmekin mielestämme onnistuneet kohtuullisen hyvin, sillä STUKin mittauksissa syksyllä 1998 ilmeni, että meillä lannerangan ap-kuva tuotetaan 2,4 mGy:n pinta-annoksella, kun se keskimäärin Suomessa tuotetaan 10 mGy:n annoksella. Samoin thorax pa-kuva tuotetaan meillä 0,08 mGy:n annoksella ja keskimäärin Suomessa 0,30 mGy:n annoksella. Esimerkiksi SINUS-kuutamo kuvassa vuonna 1977 meillä oli 70 kV:a ja 130 mAs:ia; tämä pudotettiin vuonna 1990 viherherkillä filmeillä 75 kV:lla ja 80 mAs:iin ja edelleen vuonna 1993 digitaalilla 80 kV:lla ja 16 mAs:iin. Sädeannoshan on lähes suoraan verrannollinen mAs-arvoon, joten kuvausjännitteen pitäminen riittävän korkeana pitää annokset riittävän alhaisina.

Digitaalikuvauksessahan on erittäin suuri valotusvara, ja tässä on myös se vaara, että käytetään tarpeettoman suuria sädeannoksia. Tämä on seikka, johon on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Hajasäteily

Levykuvantamisen yksi suuri ongelma on hajasäteily ja sen eliminointi kuvalevyiltä niin, ettei se häiritse kuvaluentaa. Me olemme käyttäneet tähän minimoimiseen lyijykumilevyjä.

Sävyautomaattiikka reagoi herkäsi hajasäteilyyn rajatuissa kuvissa, ja voi joutua joko liian tummaan tai liian vaaleaan kuvaan. Tätä ongelmaa voi poistaa käyttämällä puoliautomaattiluentaa, jolloin sävyjen luenta tapahtuu kuvan keskialueelta.

Laadunvarmennus

Laadunvarmennuksen suhteen filmitulostimessa on sisäänrakennettu self control –valvontajärjestelmä, joka huolehtii tasaisesta tulostuslaadusta. Noin kerran kuukaudessa tulostamme testifilmin, jolla seurataan tuloksen tasaisuutta.

Laitteistolle suoritetaan 6 kuukauden välein kausihuolto maahantuojaan toimesta, ja tämä takaa toiminnan häiriöttömän jatkumisen.

Laitehankinta

Siirtyminen perinteisestä filmi/folio-kuvantamisesta digitaalikuvantamiseen vaatii myös sen käyttäjiltä asenteen muutosta. Tästä syystä muutosvastaraintaakaan ei pidä hämmästellä. Hankintavaiheessa asian joutuu ”myymään” ensin käyttäjille, sitten radiologille ja sen jälkeen vielä päättäjille, joten kannattaa olla pitkäjänteinen ja huolellinen hanketta valmisteltaessa.

Väitteitä

On väitetty, että digitaalikuvantaminen lisääntyy odotettua nopeammin; minä olen hämmästynyt lisääntymisen hitaudesta. Samoin on väitetty, että digitaalikuvantaminen on eniten väärin käytetty teknologia. Tässä olen lähes samaa mieltä, vaikka kuvan siirtoa en pitäisi tärkeimpänä digitaalikuvantamisen ominaisuutena, sillä myös edellä mainitut sädeannoksen alhaisuus ja korkeatasoiset kuvat vaikka filmille tulostettuina ovat tärkeitä ja arvostettavia ominaisuuksia. Reunakorostettu kuva on yllättävän vähän käytössä maassamme.

Järjestelmä on kohtuullisen helppo käyttää ja se antaa onnistumisen iloa hyvälaatuisilla röntgenkuvilla. Potilaalle digitaalikuvantaminen antaa diagnostisesti erinomaiset kuvat mahdollisimman alhaisella sädeannoksella.

Tulevaisuus

Käytössämme on diagnostisesti antoisa tuote ja olemme olleet valintaamme tyytyväisiä. Jos vielä saisimme kuvatyöaseman, digitaaliarkiston ja kuvansiirtomahdollisuuden Mikkelin keskussairaalaan, olisi haaveista tullut totta. Aina pitää olla tulevaisuudenvisioita.

DIGITAALINEN LEVYKUVANTAMINEN KÄYTÄNNÖSSÄ

Mariitta Järvinen
Turun yliopistollinen keskussairaala

Agfan ADC 70 digitaalinen levykuvantamislaitteisto otettiin käyttöön Turun yliopistollisessa keskussairaalaossa toukokuussa 1997. Laitteisto sijaitsee A-sairaalan röntgenosaston luukuvausyksikössä. Yksikkö muodostuu kahdesta luukuvaushuoneesta. Yksiköstä käsin hoidetaan myös sisätautien ja kirurgian teho-osastojen, aikuisten leikkausosaston sekä ensiapupoliklinikalla ja vuodeosastolla tehtävät kuvaukset.

Vuosittain laitteistolla suoritetaan noin 40 000 tutkimusta, joista vajaa puolet on päivystysajan tutkimuksia. Osaston ulkopuolisia kuvauksia on noin 10 000 vuodessa ja niistä puolet suoritetaan päivystysaikana.

Henkilökunta

Yksikössä työskentelee päivävuorossa yksi erikoislääkäri, yksi apulaislääkäri, yksi erikoisröntgenhoitaja ja kolme röntgenhoitajaa. Iltavuorossa yksikössä on työssä kaksi röntgenhoitajaa ja yövuorossa yksi röntgenhoitaja, joka suorittaa kaikki osastolla yön aikana suoritettavat tutkimukset. Päivystävä röntgenlääkäri vastaa sekä A- että U-sairaalan röntgenosastojen toiminnasta päivystysaikana.

Agfan digitaalisen levykuvantamistoiminnan vastuuhenkilöinä toimivat luukuvausyksikön vastaava erikoislääkäri ja vastaava erikoisröntgenhoitaja. Vastaavalla hoitajalla on työparina ja varamiehenä erikoisröntgenhoitaja. Kolmantena vastuuhoitajana toimii röntgenhoitaja, joka tekee paljon päivystystyötä.

Toiminnan aloitus

Vastuuhoitajille järjestettiin tilaisuus tutustua etukäteen laitteistoon ja sen käyttöön kahden päivän aikana Kuopion kaupungin terveystieteiden rönt-

genosastolla. Täältä saatujen kokemusten ja opin myötä hoitajat tekivät suunnitelman niiden tilojen saneerauksesta, joihin laitteisto sijoitettiin.

Vastuuhoitajat suunnittelivat etukäteen muun henkilökunnan kouluttamisen ja laativat koulutusaikataulun, jossa huomioitiin työvuorosuunnitelmat. Jokainen osaston röntgenhoitajista sijoitettiin yhdeksi työpäiväksi ohjaavan hoitajan työpariksi luukuvausyksikköön. Tällä pikakoulutuksella ison osaston koko hoitohenkilökunta saatiin tutuksi laitteiston kanssa noin neljässä viikossa. Nopea koulutustahti oli välttämätön, koska yksikössä jatkettiin heti laitteiston käyttöönoton jälkeen normaalia kuvaustoimintaa.

Samanaikaisesti henkilökunnan kouluttamisen kanssa tehtiin yksikössä kuvausohjelmien kehittelyä ja kuvien ikkunointia kuvalaadun parantamiseksi.

Projektiryhmä

Laitteiston käyttöönoton yhteydessä perustettiin Agfa-projektiryhmä, johon kuuluvat yksikön vastaava erikoislääkäri, vastuuhoitajat, fyysikko sekä laite-toimittajan edustaja. Toiminnan aloitusvaiheessa projektiryhmä kokoontui useammin ja myöhemmin toiminnan jo käynnistyttyä harvemmin eli silloin kun kokoontumiselle ilmaantui tarvetta. Projektipalaverista tehdään muistio ja se toimitetaan myös projektin ohjausryhmään ylilääkärille. Viimeisin muistio on järjestyksessään 12. ja siinä selvitetään projektin tilanne vuoden 1998 lopussa. Projektityöskentely on osoittautunut erittäin tehokkaaksi keinoksi seurata projektin etenemistä. Näin on voitu valvoa, ovatko asetetut tavoitteet ja tehdyt suunnitelmat toteutuneet käytännössä.

Laitteisto

Agfan ADC 70 –digitaalilevykuvantamislaitteistoon kuuluu kaksi kasettien nimikoimiseen tarvittavaa PC-pohjaista ID-asemaa, joissa on RIS-liitäntä. Kuvalevyjen luentaan on lukijalaite, johon voidaan ladata yhdeksän eri kokoista kasettia kerralla. Kuvien jälkikäsittelyyn, arkistointiin ja laadunvarmistukseen on työasema, jota pääasiassa hoitajat käyttävät. Lääkärillä on käytössä oma työasema kuvien sanelua varten. Laserprintterillä voidaan tulostaa kolmea filmikokoa. Kuvauksessa käytetään neljää kasettikokoa (18 x 24, 24 x 30, 18 x 43, 35 x 43) ja irtohiloja on komea kokoa (24 x 30, 18 x 43, 35 x 43).

Luukuvaushuoneitten kuvauslaitteille ei siirtymävaiheessa tehty mitään.

Laitteen käyttö

Työskentely ADC 70 –digitaalilevykuvantamislaitteistolla ei ole vaatinut ylimääräisiä uusia ”kommervenkkejä” hoitajilta ja näin ollen työskentely sillä on ollut pidettyä ja helposti omaksuttua. Uusi terminologia on tullut tutuksi ja digitaalinen levykuvantaminen on koettu haastavaksi ja ajankohtaiseksi tavaksi tehdä kuvantamistyötä.

Vastuuhoitajien kannalta on ollut hankalaa se, ettei hoitaja itse ole voinut tehdä helppoja ja yksinkertaisia kuvausohjelmien ja kuvaparametrien muutoksia, vaan työhön on aina ollut pakko kutsua laite-edustaja, jonka paikalle saamiseen on kulunut välillä kohtuuttoman pitkä aika.

Ongelmia kuvaustoiminnassa tai laitteistossa on ollut vähän. Lähinnä ne ovat liittyneet kuvien laatuun ja kuvausohjelmien tarkistamiseen. Pidempiä seisokkeja on ollut vain laitteen huoltojen yhteydessä. Hoitajien neuvokkuus ja soitto laitehuoltoon ovat säästäneet suurilta huolilta. Laitteisto on osoittanut luotettavuutensa ja käyttövarmuutensa suurta kapasiteettia vaativassa kuvausyksikössä näiden kahden kuluneen vuoden aikana.

Laadunvarmistus

Laaduntarkkailu on osa rutiinityöskentelyä. Hukkafilmejä tarkistamalla on helposti ja nopeasti saatu esille monia virheitä, joihin on voitu tehdä korjaukset joko henkilökuntaa opastamalla tai tekemällä laitteistolle vaadittavia korjaustoimenpiteitä.

Päiväkirja, jota luukuvausyksikössä pidetään, toimii varmana, nopeana ja helposti saatavana viestimenä varsinkin työvuorojen vaihtuessa ja henkilökunnan palatessa lomilta. Päiväkirjaan kirjataan viestit, viat, ongelmat, toivomukset, ohjeet, tehdyt muutokset, yhteydenotot jne.

Laitteiden vikavihot ja niiden tarkka ajantasalla pitäminen on tärkeää. Niistä voi ongelmia ilmaantuessa nopeasti tarkastaa, onko sama ongelma esiintynyt ennenkin ja mitä sille on silloin tehty.

Projekti-kansio, johon on kerätty projektimuistiot ja muuta laitteistoon liittyvää materiaalia, on yksikössä henkilökunnan vapaasti luettavissa.

Sektoria koskevat tärkeät tapahtumat ja tiedotukset kirjataan myös koko osaston yhteisesti käyttämään raporttivihkoon, josta henkilökunta osaa etsiä tarvittaessa ajankohtaiset tiedotukset.

Erityistä laadunvarmistusohjelmaa ei ADC 70 –laitteistolle hoitajien tarvitse suorittaa. Säännöllisten kausihuoltojen yhteydessä laitetoimittajan omat huoltomiehet huolehtivat vaadittavista tarkistustoimenpiteistä laadunvarmistamiseksi.

Muusta laadunvarmistuksesta vastaa sairaalan oma laaduntarkkailija.

Avainasemassa hyvän laadun ylläpitämisessä on avoin tiedonkulku, selkeä työnjako sekä aktiivinen ja jatkuva yhteistyö toiminnan eri osa-alueista vastaavien henkilöiden välillä (lääkäri, hoitaja, laitetoimittaja, fyysikko, atk-vastaavat, arkistovastaavat jne.).

SÄTEILYANNOKSET DIGITAALISESSA LEVYKUVANTAMISESSA

Juhani Karppinen
Säteilyturvakeskus

Johdanto

Digitaalinen levykuvantaminen on Suomessa käytössä jo yli 40 sairaalassa. Vanhempia kuvalevyjä ja kuvankäsittelylaitteita on jo alettu uusia nopeampiin ja herkempiin levyihin ja laitteisiin. Tämä antaa aihetta myös tarkastella, mikä on ollut potilaan säteilyannoksen kehitys verrattuna vanhaan tuttuun filmikuvaukseen, ja onko digitaalikasetti muuttanut annoksia. Annoksia voi lisäksi verrata esimerkiksi pohjoismaisiin suosituksiin. Meddirektiivi edellyttää myös, että väestötasolla tunnetaan potilaan saama keskimääräinen annos, mikä kliinisen auditoinnin yhteydessä tulee joka tapauksessa selvitettäväksi.

Digitaalisen kuvaussysteemin käyttöönotossa käyttöneuvojien asiantuntemus ja kokemus on joutunut yleensä kovalle koetukselle. Käytössä on ollut erilaisia filmi-vahvistuslevy-yhdistelmiä, ja käyttäjien odotukset uuden systeemin kuvanladulle ovat olleet suuret. Valitettavasti aina samaan kuvanlaatuun (kohinattomaan kuvaan) ei ole päästy entisillä mAs-arvoilla, vaan mAs-arvoja on pitänyt nostaa.

Digitaalinen kuvalevy on tullut jäädäkseen. Telinekohtaiset detektorit tulevat lähiaikoina yleistymään ja kuvalevyt korvaavat viimeisetkin filmikasetit.

Kuvalevyjen herkkyydet

Kuvalevyjen suuri valotusvara tekee siitä sopivan esimerkiksi osastokuvauksiin. Ali- ja ylivalotus ei pilaa kuvausta, mutta kuvalevyn herkkyys voi tuottaa yllätyksiä, esim. huonon kuvanlaadun. Käyttäjien asiantuntemus ja kokemus merkitsevät tällöin entistä enemmän.

Erilaisia kuvadetektoreita voi verrata karkeasti kvanttierkkyyden (DQE) ja valotusvaran (latitudi) perusteella (ks. taulukko I).

Kuvalevytekniikalla ei siis saavuteta matalampaa sädeannosta verrattuna filmi-vahvistuslevy-yhdistelmään. Käytössä olevien Agfan ja Fujin kuvalevyjen kuvanlaadun vertailu filmisysteemiin on mahdollista vain, jos otetaan huomioon myös tekniikan piirtokyky (MTF). Telinekohtaisilla paneeli- ja seleenirumpudetektoreilla (käytössä vain eräissä keuhkoautomaateissa) päästään keskimäärin suurempaan herkkyyteen ja pienempään annokseen, koska detektoreissa syntyvä sähkövaraus muutetaan suoraan digitaaliseksi A/D- muuntimen avulla.

Potilaan ihoannos eräissä tyypillisissä kuvauksissa

Jo muutaman vuoden ajan STUK on tarkastusten yhteydessä määrittänyt thorax pa- ja lannerangan ap-kuvauksessa potilaan saaman ihoannoksen. (Thorax pa- ja lannerangan ap- kuvaukset ovat yleisimpiä, noin 33 % ja 3,7 % kaikista röntgentutkimuksista Suomessa.) Näiden kuvausten potilaan ihoannosmääritykset tehdään fantomimittausten perusteella. Potilasvastineena käytetään 10 ja 20 cm paksuista vesifantomia. Fantomin pinnalta mitatusta säteilytyksestä lasketaan potilaan saama ihoannos, ns. ESD-arvo (Havukainen ja Pirinen 1992). Tällä hetkellä tulokset on saatavissa 20 digitaalisesta kuvantamispaikasta.

Digitaalisessa thorax pa-kuvassa potilaan ihoannos oli keskimäärin 0,22 mGy (0,08 – 0,57 mGy), mikä on hieman isompi kuin pohjoismainen suositus (0,20 mGy). Vuosi sitten vastaava tulos oli 0,20 mGy (Karppinen 1998). Jos otetaan huomioon myös filmikuvaukset, suomalaisen ihoannos thorax pa-kuvassa on keskimäärin 0,12 mGy (STUKin vuosikatsaus 1997).

Lannerangan ap-kuvassa ihoannos käyttäen kuvalevyä oli keskimäärin 8,7 mGy. Vuotta aikaisemmin tämä annos oli 6,4 mGy. Tilastoitui (STUK 1997) lannerangan ap-kuvauksen keskimääräinen ihoannos on 4,7 mGy.

Taulukko I. Detektorien vertailu.

	Herkkyys	Valotusvara
Filmi/vahvistuslevy	20 – 40 %	< 1:40
Kuvanvahvistin/video	40 %	1:400
Kuvalevy	20 – 40 %	> 1: 1000
Seleenirumpudetektor	50 – 60 %	> 1: 1000

Paneelidetektori	50 – 60 %	> 1: 1000
------------------	-----------	-----------

Edellisen perusteella digitaalikuvausessa ihoannos on lähes kaksinkertainen verrattuna filmikuvaukseen. Kuitenkin pohjoismaiset suositukset ylittyvät vain 10 - 25 % tapauksessa. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että kun on siirrytty kuvalevyjen käyttöön, annokset ovat selvästi nousseet. Syinä on voinut olla, että kuvausautomaatit on jääneet säätämättä uudelleen tai kuvanlaatu ei ole tyydyttänyt, minkä takia kuvausarvoja on nostettu.

Viitteet

Havukainen R (toim.). Säteilyn käyttö ja muu säteilytoiminta vuonna 1997. STUK-B-STO 36. Helsinki: Oy Edita Ab, 1998.

Havukainen R, Pirinen M. Patient dose and image quality in five standard x-ray examinations. Med. Phys. 1993; 20: 813-817

Karppinen J. Potilasannokset digitaalisessa levykuvantamisessa. Raportissa: Servomaa A (toim.). Säteilyturvallisuus ja laadunvarmistus röntgendiagnostiikassa 1998. STUK-A152. Helsinki: Oy Edita Ab, 1998: 88-91.

Nordic rapportserie om strålsskyddsfrågor; Report on radiation protection co-operation. No.5: Nordic guidance levels for patient doses in diagnostic radiology. The radiation protection and nuclear safety authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden. STUK 1996.

DIGITAALISEN LEVYKUVANTAMISEN VIRHETOIMINNOT JA LAADUNVARMISTUS

Antti Servomaa Antti, Juhani Karppinen
Säteilyturvakeskus

Digitaalinen levykuvantaminen on noussut perinteisen filmi-vahvistuslevy-yhdistelmän rinnalle röntgentutkimuksissa. Kuvalevyjen määrä Suomessa on kasvanut nopeasti. Laitteita on jo tällä hetkellä yli 40 kappaletta käytössä eri sairaaloissa. Suomessa on käytössä vain Fujin ja Agfan laitteita. Levykuvastamiselle ei ole esitetty kansainvälisiä laadunvarmistusohjelmia. Kirjallisuudessa on esitetty tapauselostuksia (Del Favero 1999) digitaaliessa levykuvantamisessa havaituista toimintavirheistä ja toimenpiteitä niiden korjaamiseksi. Tässä artikkelissa esitetään em. lähteessä raportoituja havaintoja ja laadunvarmistustoimenpiteitä tavoitteena keskustelun käynnistäminen.

Digitaalisen levykuvantamisen viat ja puutteet

Kuvalevyn artefaktat

Väliaikaiset viat johtuvat todennäköisesti pölystä, liasta ja puutteellisesta kuvan tyhjennyksestä. Ne voidaan helposti korjata puhdistamalla kuvalevy tai kuvalevyn tyhjennyksellä. Pysyvät kuvalevyn artefaktat saattavat esiintyä kuvalevyllä jatkuvasti; kuvalevyn vaihtaminen saattaa olla tarpeellista.

Kuvanlukijan virhetoiminta

Laserin teho heikkenee ajan kuluessa (eliniäksi on arvioitu useita vuosia päivittäisestä käytöstä riippuen) toimintatason alapuolelle aiheuttaen 'skipped scan'-juovia.

Pölyhiukkaset poikkeutuspeilillä tai valon keräyslaitteella voivat aiheuttaa artefaktoja kuvaan (vääristynyt kuva).

Lasertulostimen ja/tai filmin kuljettimen virhetoiminta saattaa aiheuttaa kuvan vääristymän ja varjostuksen.

Filminkehityksen artefaktat

Virheellinen kehitys, joka johtuu kontaminoituneista kemikaaleista, väärästä kehitteen, kiinnitteen ja huuhtelun määrästä ja väärästä lämpötilasta, voi hunnuttaa filmiä; myös muuttunut rullien paine voi aiheuttaa hankautumia filmille ja siten staattista sähkövarausta.

Ohjelmiston virhetoiminnot

Virheellisen kuvankäsittelyn seurauksena voi olla:

- 1) väärä histogrammianalyysi
- 2) väärä dynaamiikka-alueen skaalaus ja filmin mustuma

Histogrammitoiminto voi tunnistaa pixel-arvot virheellisesti kuvassa; tämä voi johtua esimerkiksi kohteen väärästä sijainnista tai liian korkeasta hajasäteilystä.

Kuvauskohteesta johtuvat virhetoiminnot

Virhetoiminnot johtuvat tavallisesti kuvauskohteen väärästä sijainnista tai monitorin juovien interferenssistä hilan kanssa ('Moire'-kuvioit). Yleinen ns. 'halo'-ilmiö kohteen reunojen ympärillä syntyy käytettäessä 'unsharp masking' -tekniikkaa. Takaisinsironta voi merkittävästi vaikuttaa kontrastin heikkenemiseen, kun kasetin takana on voimakasta sirontaa.

Esimerkkejä raportoiduista vioista ja puutteista

Esimerkki 1

Ilmassa leijuva pöly keräytyy sähköstaattisesta varauksesta johtuen levyille, erityisesti kosketuspisteisiin, jossa on mekaanista kulumista (hihnat, rullat) aiheuttaen 'sähköpurkaus'- kuvia kuvaan.

Toimenpiteet:

- Suodattimien, puhaltimien ja levyjen puhdistaminen

Esimerkki 2

Kuvalevyllä näkyy valkoisia epäsäännöllisiä liasta aiheutuvia pilkkuja. Havaitut likapilkut (öljy, rasva ym.) levyllä syntyvät levyjen käsittelyssä.

Toimenpiteet:

- Levyjen puhdistaminen
- Rullien ja kuljetushihnojen puhdistaminen
- Kiinnittämällä huomiota levyjen käsittelyyn

Esimerkki 3

Levyn pinnan vaurioitumisesta saattaa aiheutua ohuita kuvioita (viivoja) kuvalevyn reunoille. Kuvalevyn pinnan vaurioituminen saattaa johtua:

- 1) levyn liikkumisesta (taipumisesta) rullilla,
- 2) mekaanisesta käsittelystä tai
- 3) väärästä puhdistamistavasta (pöly pitäisi puhdistaa kankaalla ja liuoksella)

Toimenpiteet:

- Kuvalevyn vaihtaminen
- Levyn kuljetusmekanismin tarkastaminen

Esimerkki 4

Histogrammitoiminto saattaa virheellisesti etsiä kohdealuetta kuvasta kohteen ollessa väärässä paikassa.

Toimenpiteet:

- Kohteen sijoittaminen keskelle mielenkiintoaluetta

Esimerkki 5

Kuvaaja oli tulkinut kuvan alivalottuneeksi, vaikka herkkyysnäyttö osoitti ylivalotusta. Sen tähden seuraava röntgenkuva otettiin vielä suuremmalla annoksella heikentäen samalla kontrastia ja lisäten mustumaa.

Toimenpiteet:

- Kuvan herkkyysanalyysi
- Kuvaajan olisi pitänyt alentaa annosta saadakseen herkkyuden oikealle tasolle.

Esimerkki 6

Samaa algoritmia oli käytetty eri kohteiden kuvantamisessa. Eri kehon osille tehdyt algoritmit sisältävät olettamuksia hyödyllisestä tiheysalueesta kuvassa; jos odotettu tiheys on ylitetty, tieto voidaan menettää. Jos väärälle kehon osalle tarkoitettu algoritmi on valittu, tiheys- ja kontrastiasetukset eivät ole optimaalisia, koska kontrasti ja tiheys riippuvat oikein valitusta algoritmista.

Toimenpiteet:

- Oikean toimintamoodin valitseminen

Esimerkki 7

Kuvan yli- ja/tai alivalotus

Laaja dynamiikka-alue digitaalisessa kuvantamisessa sallii kuvan muodostumisen yli- tai alivalottuneissa kuvissa. Voimakkaasti alivalottunut kuva on kohinainen kvanttikohinasta johtuen. Tällöin signaali/kohina-suhde on alentunut. Ylivalottunut kuva on saturoitunut (kyllästänyt), koska kuvalevyn herkkyuden kompensointi alaspäin on tehty.

Toimenpiteet:

- Valituksen oikea valinta
- Herkkyyslukeman tarkastaminen näytöstä

Esimerkki 8

Kuvalevyn riittämätön tyhjennys, jolloin kuvassa havaitaan haamukuva. Riittämätön tyhjennys esiintyy ylivalotusalueella. Haamukuva voi aiheutua, kun

- 1) kuvalevyt on ylivalotettu edellisessä tutkimuksessa ja tyhjennys ollut epätäydellinen ylivalotusalueella,
- 2) kaksi valotusta tehty samalle kuvalevyille,
- 3) hajasäteilyä (sirona) ympäristöstä tai
- 4) tyhjennyslamppu on rikkoutunut.

Toimenpiteet:

- Kuvalevyjen säännöllinen tyhjennys (päivittäin tai viikkottain)
- Ylimääräinen tyhjennys ylivalotustapauksessa

Käyttäjien kokemusten mukaan Suomessa eniten kuvavirheitä (90 %) ovat aiheuttanut kuvalevyjen mekaaniset viat (naarmut, hankaumat, taipumiset). Peilissä ja valonkeräysyksikössä olevat pölyt ja roskat ovat tehneet kuviin jonkin verran (10 %) artefaktoja. Toimintaa on häirinnyt myös levyjen siirtoon, avaukseen ja sulkemiseen liittyvät häiriöt. Kokemuksia kuvalevyn käytöstä ja virhetoinnista Suomessa on jo jonkin verran raportoitu (Lanning 1998)

Laadunvarmistus

Laadunvarmistuksessa tulee huomioida a) laitevalmistajan omat laitekohtaiset suositukset, b) laitteen käyttäjien havaitsemat viat ja puutteet laitteen toiminnassa c) kuvanlaatuun ja potilasannokseen liittyvät mittaustarpeet.

Alla on esitetty digitaalisten kuvalevyjen laadunvarmistukseen liittyviä toimenpiteitä ja tarkastuskohteita. Koska ohjelma on saatu kirjallisuudesta (Del Favero 1999), käyttökokemukset menetelmän tarkoituksenmukaisuudesta olisivat hyödyllisiä.

Päivittäin:

- Poista paperi- yms. roskat kasettiaukosta
- Tarkasta kehitysnesteiden tasot kehityskoneessa

- Mittaa laser-tulostimen testikuvasta filmin mustumat
- Tarkasta kasetit ja kuvalevyt. Puhdista tarvittaessa
- Tarkasta filmivarasto
- Tyhjennä kuvalevyt ennen käyttöä, jos et ole varma niiden tilasta.

Viikottain:

- Puhdista kehityskoneen suodattimet
- Tyhjennä kaikki kuvalevyt
- Puhdista varovasti kaikki kuvalevyt
- Tarkasta mahdolliset valovuodot
- Määritä uusintakuvausfrekvenssi ja syyt huonolaatuisiin kuviin

Kuukausittain:

- Kehityskoneen huolto

Vuosittain:

- Uusintatarkastus perusarvojen määrittämiseksi
- Kehityskoneen ja lasertulostimen testaukset
- Lasertulostimen sensitometrinen kalibrointi
- Kuvalevyn kohina
- Kuvalevyn vaste: tiheys, tasaisuus
- Systeemin lineaarisuus
- Lasersäteen toiminta
- Paikkaerotuskyky
- Matalakontrastierotuskyky
- Etäisyysmittauksen tarkkuus
- Levyn tyhjennysjakso
- Reunaviivakorostuksen ominaisuudet

Viitteet

Del Favero C, Valtorta G, Martegani A, Curzio D, Rossini G, Frattini T. Artifacts in computed radiography: how to recognize them, how to avoid them. ECR'99 - European Congress of Radiology, March 7-12 1999. Vienna, Austria (Abstract, Poster)

Lanning P. Levykuvantamisen edut ja haitat lasten natiivitutkimuksissa. Lastenradiologian kurssi 14. - 15.5.1998. Suomen Radiologiyhdistys. Oulu: Oulun Yliopistopaino, 1998.

ISO 9001 –LAATUJÄRJESTELMÄ TERVEYDENHUOLLOSSA

Antti Laine
Toijalan kaupungin terveystakeskus

ISO 9001 – sertifioitun laadunhallintajärjestelmän rakentaminen Toijalan kaupungin terveystakeskukseen

Maailman Terveystjärjestön WHO:n Euroopan alueen tavoitteena on, että kaikkien sen jäsenvaltioiden tulisi vuoteen 2000 mennessä kehittää järjestelmiä, jotka takaavat terveydenhuollon laadun jatkuvan parantamisen sekä terveydenhuollon teknologian tarkoituksenmukaisen kehittämisen ja käytön.

Suomen sosiaali- ja terveystministeriö on valtakunnallisessa suunnitelmassaan vuosille 1995 – 1998 antanut suosituksen koskien sosiaali- ja terveydenhuollon laadunhallintajärjestelmän järjestämistä. Suosituksessa mm. todetaan, että jokaisen palveluntuottajan tulisi laatia kirjallinen laatupolitiikka vuoden 1996 aikana ja lopullisena tavoitteena tulee olla laatuajärjestelmän aikaansaaminen.

Toijalan kaupungin terveystkeskuksessa aloitettiin laadunhallintajärjestelmän rakentaminen alkuvuodesta 1995. Laatupolitiikassa on palvelujen tuottamisen periaatteiksi kirjattu asiakaslähtöisyys, yksilöllisyys, hoidon jatkuvuus ja kokonaisvaltaisuus. Laatupolitiikan toteutumista seurataan säännöllisesti. Laatuajärjestelmä kattaa kaikki terveystkeskuksen toiminnat. Laatuajärjestelmän kautta terveystkeskuksen kaikelle toiminnalle on laadittu yhteinen suunta ja pelisäännöt.

Terveystkeskuksessa projektia vetää laatuajällickö ja hänen apunaan moniammatillinen laadunhallintatyöryhmä. Laatuajärjestelmän toimintaa seurataan kaikissa terveystkeskuksen toimipisteissä laatumittareiden sekä sisäisten ja ulkoisten laatuarviointien eli auditointien avulla.

Toijalan kaupungin terveystkeskuksen laadunhallintajärjestelmä sai ensimmäisenä kunnallisena terveystpalvelujen tuottajana Suomessa kolmen vuo-

den työn tuloksena ISO – EN 9001 – standardiston mukaisen kansainvälisen sertifiointin helmikuussa 1998.

Toijalan terveyskeskus on ISO – EN 9001 sertifioitun laadunhallintajärjestelmänsä ja sen jatkuvan parantamisen avulla kasvanut laman ja virkasu-pistusten aikakautena asiakaslähtöiseksi, ammattinsa ymmärtäväksi ti-imiksi, jonka tärkeänä ja tiedostettuna päämääränä on käytettävissä olevin voimavaroin sidosryhmiensä kanssa auttaa väestönsä terveellisempään huomiseen.

ISO 9001 terveydenhuollon laatujärjestelmä

Uusi aika koittaa myös terveydenhuollossa

- Kehitystä johtavat asiakkaat vaatimuksineen, jotka ovat yleensä yksilöllisiä ja keskenään erilaisia.
- Tuotteiden lyhenevät elinkaaret vaativat entistä nopeampaa tuotekehitystä.
- Kapasiteettiongelmat laajemmassa mitassa häviävät.
- Kilpailu kiristyy.
- Kilpailu niche-markkinoista yleistyy.
- Markkinat kansainvälistyvät.
- Uudet organisaatiot toimivat ilman vanhojen organisaatioiden rasitteita.
- Parhaat yritykset luovat uusia standardeja
- Muutos on pysyvä olotila. Huomenna ei ole samanlaista kuin tänään. Muutos ei tapahdu hitaasti ja kontrolloidusti.

Vanha organisaatio on useimmiten menettänyt ne mittakaavaedut, joiden vuoksi se alunperin luotiin.

Laatu

“Quality is never an accident; it is always the result of intelligent effort.”
John Ruskin, c. 1850

Laatu on tuotteen tai palvelun kaikki ne piirteet ja ominaisuudet, joilla tuote tai palvelu täyttää asetetut tai oletettavat tarpeet.

Laatujärjestelmä

Laatujärjestelmä on menettelytapojen ja toimintojen yhdistelmä, jonka tehtävänä on ohjata toimintaa siten, että

- tuloksena syntyvät tuotteet ja palvelut täyttävät asiakkaiden tarpeet ja yhteiskunnan asettamat vaatimukset.
- sidosryhmien toimintaan kohdistamat vaatimukset täytetään.

"Quality breakthroughs are achieved project by project and in no other way."
J. M. Juran

Laatujärjestelmä – tuki vai rasite?

Tuki, jos

- Lähtökohtana on toiminnan ja asiakaspalvelun ohjaaminen ja kehittäminen.
- Lähtökohtana on nykyisen toiminnan kriittinen tarkastelu (kuka on asiakas, mikä on tuote, kuinka se aikaansaadaan)
- Johto asettaa itsensä likoon ohjaus- ja kehittämisjärjestelmän puolesta, sisäisesti markkinoi koko henkilöstölleen ja omalla esimerkillään vetää henkilöstön mukaan.
- Lähtökohtana on tiedonhankinta ja palautteen hankinta tarpeista, odotuksista ja toteutumisista sekä kokemuksista.
- Lähtökohtana on mittareiden suunnittelu, käyttö ja hiominen (muutkin kuin taloudelliset mittarit)
- Lähtökohtana on tiedonkulun ja sisäisen toiminnan arviointi ja kehittäminen mittarien ja palautteen pohjalta.

Rasite, jos

- Laatujärjestelmä rakennetaan analysoimatta omaa toimintaa.
- Johto delegoi asian pois käsistään, se toteutetaan "kersanttivetoisesti" (laatupäällikkö vastaa...).
- Merkitys ja tavoitteet jätetään sisäisesti markkinoimatta.
- Se rakennetaan "sertifikaatin kiilto silmissä".
- Se ei sisällä oman toiminnan kehittämispyrkimyksiä eikä ohjaukseen "pakottavia" soveltuvia mittareita.

Laatujohtaminen

TQM

Kehittyneellä laadunhallinnalla (*TQM, Total Quality Management*) pyritään johdonmukaisesti ja tehokkaasti organisaation kaikkien sidosryhmien tyytyväisyyteen. Käytännössä tärkeimmät toisiaan täydentävät TQM viitekehykset ovat *ISO 9001 -standardisto*, jossa laatujohtamisen lisäksi on malli myös ulkoista laadunvarmistusta varten ja lisäksi *laatupalkintokriteerit*.

Organisaation jatkuvassa kehittämisessä ei riitä vain asiakastyytyväisyyden parantuminen, vaan oleellista on toiminnan nopeus ja tehokkuus (tuotos/panos). *Organisaation kypsytydestä riippuu, mitä laatutyökaluja käytetään. PDCA (Plan-Do-Check-Act : Deming) -menettely on keskeisin työkalu.*

Laatujärjestelmän kehittäminen on strateginen johtamiskysymys

Laatujärjestelmä on organisaation sisäinen työkalu, jolla järjestelmällisesti aikaansaadaan laatutavoitteiden ja -politiikan mukaisen toiminnan toteutuminen. Laatujohtamisen vastuu ja keskeinen rooli on organisaation ylimällä johdolla.

Prosessimenettelyt ovat tehokkain tapa hallita operatiivista toimintaa ja sen tuloksia

ISO 9000 -standardiston mukainen järjestelmä rakentuu prosesseista. Laadunohjaus ja -varmistus toteutuvat juuri prosessien kautta. Laadunohjaus on organisaation sisäistä operatiivista toimintaa ja laadunvarmistus muodostuu toimenpiteistä luottamuksen osoittamiseksi ulkopuolisille. Organisaation sisäiset laatuauditoinnit toteutuvat konkreettisimmin ja tehokkaimmin, kun niitä sovelletaan prosesseihin ja tavoitteena on laadunvarmistus ja -parantaminen.

Laadunparantaminen toteutuu projekteittain

Laadunparantamista voidaan tehdä sekä ongelma- että mahdollisuusperusteisesti. Työkalut laadunparantamiseen perustuvat nekin yleisimmin PDCA -periaatteeseen. Systemaattisin työkalu on *benchmarking*, jota voidaan

hyödyntää etenkin prosessien parantamisessa ylivoimaisten menettelyjen oppimiseksi toisten organisaatioiden kokemusten perusteella. Benchmarking on organisaation kehittämistä vertaamalla sitä johtavien menestyjien tapaan toimia.

Benchmarking on inhimillistä ajattelua määrittelevä käsite

Benchmarking on persoonallista avarakatseisuutta ja johtopäätösten tekemistä rohkaiseva suhtautumistapa kaikkeen ympärillä olevaan. Se ei sovellu niille, jotka ovat täydellisen tyytyväisiä omaan erinomaisuuteensa. Se sopii vain niille, jotka ovat valmiita muuttumaan jatkuvasti paremmiksi vailla ennakkoluuloja.

Godfrey : Maailma on avoin kaikille, jotka haluavat nähdä !

Godfrey'n portaat :

- VERTAA PARHAASEEN +
- OTA OPPIA PARHAALTA +
- SOVELLA OPPIMAASI +
- ASETA UUDET PÄÄMÄÄRÄT +
- PANE TOIMEKSI +
- SAAVUTA KILPAILIJOIDEN TASO +
- SAAVUTA JOHTOASEMA

Benchmarking-kriteerit ovat yleisiä, toimialakohtaisia ja organisaatiokohtaisia.

Vertailu kertoo, millä tasolla oma toimiala on menossa, mitä lähitulevaisuus tuo tullessaan ja mihin kehityskohtaan oma organisaatio tällä hetkellä sijoittuu. Se paljastaa parhaiten toimivat prosessit ja selkeyttää kehittämisen painopistealueita sekä tunnistaa kilpailukyvyn todellisen sisällön. Vertailu on yhteistyötä, jossa molemmat osapuolet saavat ja antavat. Se kertoo mitä, miksi ja miten hyvin toinen osapuoli vertailtavan toiminnon tekee sekä lisäksi perehdyttää toisen yrityskulttuuriin, menettelytapoihin ja tuotteisiin

Edellytys benchmarking-toiminnalle on, että omat prosessit ja niihin vaikuttavat tekijät tunnetaan perusteellisesti. Kohteeksi *voidaan* valita minkä ta-

hansa toimialan paras vertailukohde. Tulokset ovat laihoja, jos benchmarking on valmisteltu heikosti ja toteutettu veltosti.

Systemaattisella vertailulla ei ole mitään tekemistä niin sanotun työalaturismin kanssa. Etenkin julkisen hallinnon organisaatiot suosivat laajan luottamushenkilöjoukon tutustumismatkoja kiinnostaviin kohteisiin. Parhaimmillaan ne toimivat näkökulmien avartajina ja osoittavat, että asiat voidaan tehdä myös toisin. Vaistonvarainen tuntuma markkinoista ja toimialan kehityssuunnista palvelee vertailun keskeisiä tavoitteita. Tutustumiskierrokset rakentavat kuitenkin usein enemmän organisaation sisäisiä suhteita ja valtuuskysymyksiä kuin itse prosessien tarkasti kohdentunutta parantamista. Konkreettisen päätöksenteon pohjaksi tarvitaan kuitenkin paitsi virkistäviä vaikutteita, myös selkeitä ja luotettavaan tietoon pohjautuvia toiminta- ja tulosvertailuja.

Henkilökohtaisen laadun mittaaminen

Edistykselliset organisaatiot ovat kehittäneet oman asiakaspalvelumallin ja valmentaneet henkilöstön sitä toteuttamaan. Henkilökohtaista laatua voidaan ja sitä tulee myös mitata. Laadunparantamisen taitoja tarvitaan koko henkilökunnalta. Menetelmäosaamista varten ei kuitenkaan tarvitse kouluttaa koko henkilöstöä, vaan kokemuksen mukaisesti riittää uusien toimintatapojen leviämiseen, että sillä on johdon tuki ja siihen saadaan mukaan kolmasosa henkilöstöstä.

Laadunhallinnan ongelmien ratkaisemiseksi eivät kuitenkaan riitä vain mekaaniset työkalut ja menetelmäsovellutukset vaan lisäksi tarvitaan inhimillistä harkintaa ja siihen perustuvaa johtotason päätöksentekotaitoa.

Toijalan terveyskeskus

Toiminnan laadun kehittämisessä, jonka piiriin kuuluu kaikki Toijalan terveyskeskuksessa tapahtuva toiminta, on tavoitteena oppia tehdyistä virheistä ja ennakoida tulevia ongelmakohtia toiminnassa. Epäonnistumiseen johtaneet syyt analysoidaan tarkoin, jotta korjaavilla toimenpiteillä olisi edellytykset onnistua. Muutoin jo kertaalleen korjatut virheet toistuvat entistä pahemmin seurauksin.

Työn ohjattavuusongelmia selvitettäessä tuli esiin suuri määrä selviä puutteita tai virheellisyyksiä, jotka koko henkilöstö päivittäisissä toiminnoissaan oli tiedostanut, mutta kovan työpaineen alla niiden poistaminen oli ollut vain ”pienen liekkien sammuttamista”, eivätkä vaikutukset olleet pysyviä.

Laatujärjestelmä on tuonut toimintaan menettelyt, joiden ansiosta havaittuihin ongelmiin on nykyisin pakko ottaa kantaa myös pitkällä tähtäimellä, ja tämä on selvästi nähtävissä toiminnan laatua kuvaavissa mittareissa.

Laatujärjestelmän kehittämisessä Toijalan terveyskeskuksessa edettiin normaalilla tavalla:

1. Projektin käynnistäminen ja tavoitteiden asettelu
2. Nykytila-analyysi
3. Laatujärjestelmän suunnittelu
4. Laatujärjestelmän toteuttaminen
5. Laatujärjestelmän käyttöönotto, seuranta ja jatkuva parantaminen

Strateginen benchmarking, suorituskky-benchmarking ja prosessi-benchmarking kuuluvat osaltaan terveyskeskuksen laadun kehittämistyöhön.

Toijalan terveyskeskuksen laatujärjestelmän tarkoituksena on taata asukkaille asialliset palvelut ajan hengessä ja henkilöstölle taata korkeatasoisen, arvostetun ja vaativan työn jatkumisen aina eläkeikään asti.

Laatujärjestelmän kehittämisen tärkeimpänä edellytyksenä on terveyskeskuksen johdon sitoutuminen laatujärjestelmään. Saatuja palautteita ja muita toiminnan seurantatietoja käydään läpi esimiesten johdolla niin johtoryhmässä kuin eri osastoillakin. Henkilökunta on omaksunut laatuajattelun ja sitoutunut järjestelmän kehittämiseen toteuttaen laatuajatteluun omassa työssään. Laatuajatteluun liittyen korostetaan sen merkitystä koko henkilökunnalle samoin kuin että jokainen henkilökunnasta on osa laatujärjestelmää. Henkilökunnan arvostus sekä oma että muiden henkilöstöryhmien työtä kohtaan on lisääntynyt ja sisäisten auditointien myötä henkilöstö on syvemmin paneutunut myös muiden työntekijöiden työn sisältöön huomioiden asiakaslähtöisyyden tärkeän periaatteen.

Terveyskeskuksen arvot

Arvot ovat perusta, joka ohjaa Toijalan kaupungin terveyskeskuksen koko henkilöstöä niin käyttäytymisessä kuin päätöksenteossakin. Kaikilla on oikeus ja velvollisuus nojautua arvoihin ja niiden noudattamiseen omassa työssään.

Terveyskeskuksen arvoja ovat:

- Tiimityö

- Asiakas
- Asenne
- Etiikka
- Parantaminen

Muuttuvan yhteiskunnan uusia arvoja mielestämme ovat:

- Asiakkaat maksavat palkkamme, minun on tehtävä parhaani heidän palvelemisekseen.
- Töihin tulemisella tai ylitöillä ei kannata kehuskella, saan palkan tuottamastani lisäarvosta.
- Olemme yhtä joukkuetta, onnistumme tai epäonnistumme yhdessä.
- Kukaan ei tiedä, mitä huomenna tapahtuu, siksi jatkuva kehitys ja oppiminen ovat osa työtäni.

Yritimme huomioida laatujärjestelmää kehittäessämme, että

- Lähtökohtana ovat strategia ja kriittiset menestystekijät.
- Laatujärjestelmä integroidaan normaaliin toimintaan.
- Keskitymme olennaisten asioiden ohjeistamiseen.
- Kuvaamme nykytoiminnan ja rekisteröimme parannusehdotukset.
- Kuvaamme prosessit, ei toimintoja.
- Kuvaustapamme on selkeä.
- Sitoutamme ja mukaansaamme ihmiset.
- Tiedostamme, että laatutyö ei lopu koskaan

Toimivan laatujärjestelmän sisältö:

- Selkeä tarkoitus ja tavoite
- Rakennettu vahvistamaan olemassaolon, kehittymisen ja tuloksellisuuden menestystekijöitä
- Mittarit antavat tietoa menestystekijöiden toteutumisesta
- Ylimmän johdon sitoutuminen näkyy monin tavoin
- Rakennettu muutoksiin reagoivaksi
- Henkilöstölle tiedottaminen on avointa
- Harkiten laadittu dokumentointi: rakenne – luettavuus – käytettävyys – ymmärrettävyys – kuvat, kaaviot
- Työnlaadun kriteerien selkeys ja yksikäsitteisyys
- Oppimista tukeva ongelmien ja ratkaisuyritysten kirjaus

- Koulutetut ja toimintaa ymmärtävät sisäiset auditoijat
- Päättäväinen puuttuminen ongelmiin ja päätösten toteuttaminen – toistumisen estäminen
- Ennaltaehkäisevä ei-toivottujen ilmiöiden aktiivinen seuranta ja niihin ajoissa puuttuminen.

Terveydenhuollon laatu

“Profit Impact of Marketing Strategies” – amerikkalaisen Strategic Planning Instituutin PIMS –tutkimuksen johtopäätökset sopivat myös suomalaiseen terveydenhuoltoon: korkea laatu ja keskitasoa alempi hinta ovat paras yhdistelmä markkinaosuuden kasvun ja pääoman tuottoasteen kannalta. Korkea laatutaso ja pääoman tuottoaste ja nettotulos korreloivat toimialasta riippumatta

Kohti koko yhteiskunnan parasta

Jatkuva parantaminen on laadunhallinnan ja kehittämistyön keskeinen lähtökohta. Vain jatkuva parantaminen tuo pitkällä aikavälillä kannattavuutta niin omistajien, henkilöstön kuin asiakkaittenkin hyväksi.

Jatkuvalla parantamisella voidaan vaikuttaa koko yhteiskunnan hyvinvoinnin myönteiseen kehitykseen.

Tällöin on tavoitteeksi asetettava yksilön elämänlaadun, organisaation henkilöstön hyvinvoinnin ja koko yhteisön ilmapiirin parantaminen.

Kun toiminta sisältää vähemmän virheiden paikkaamista ja enemmän uuden kehittämistä sekä edelleen parantamista, ollaan kilpailukykyisempiä ja samalla työ palkitsee tekijänsä paremmin.

AUDITOINNIN PERUSTEET

RÖNTGENOSASTOLLA

Kliininen auditointi

Teuvo Parviainen
Säteilyturvakeskus

Terveystenhuollon toimintayksiköissä toiminnan hyvä taso, hyvä laatu, on ollut yksi keskeisiä tavoitteita. Onhan kyse sairauksien hoidosta ja terveyden hoidosta ennaltaehkäisevästi. Radiologiset toimintayksiköt ovat keskeisessä asemassa erityisesti sairauksien diagnostisoinnissa. Yhä enemmän ne ovat mukana myös parantavissa hoitotoimenpiteissä perinteisen sädehoidon lisäksi. Säteilynkäytöllä on myös jo vuosikymmenten perinne yhtenä terveydenhuollon ennaltaehkäisevänä menetelmänä mm. tuberkuloosin vastustamistyössä ja nykyisin rintasyöpäseulonnassa. Tällä vuosikymmenellä on tullut yhä suurempia paineita terveydenhuollon kustannusten vähentämiseen mutta myös hoidon ja toimintojen laadun parantamiseen. Tavoitteeseen voidaan päästä vain kehittämällä toimintoja yhä laadukkaammiksi. Laatutavoitteita toiminnalle asettavat sekä asiakkaat, potilaat, että toiminnan rahoittajat.

Laatutavoitteet - kuka vastuussa

Tänä päivänä laatu nähdään monessa tapauksessa myös kilpailuetuna. Julkisille palveluille ja terveydenhuollolle on laadittu valtakunnallisia laatutavoitteita (STAKES 1995a). Myös radiologisen toiminnan kattavuutta ja laatua on pyritty ohjaamaan valtakunnallisesti 70-luvulta alkaen (Parviainen 1996). Euroopan Neuvosto on antanut terveydenhuollon laatusuosituksen. Niissä kaikissa korostetaan laadun kehittämistä, laatujärjestelmien käyttöönottoa, laatukriteerien käyttöönottoa ja laadun arviointia. Kaikissa niissä tuodaan myös esille asiakas-/potilaslähtöisyys toimintojen kehittämisessä. Suomessa valtakunnallisena tavoitteena on laatujärjestelmän rakentaminen jokaiseen terveydenhuollon organisaatioon (Stakes 1994).

Säteilynkäyttöä koskevat turvallisuus, laadunvarmistus- ja auditointivaroitteet tulevat olemaan osa organisaatioiden laatujärjestelmiä. Säteilylain-säädösten kautta ne ovat myös lakisääteisiä. Röntgentoimintojen laatukri-

teerien asettamisesta vastuussa ensisijaisesti on toiminnan harjoittaja, kuten sairaala, terveyskeskus, yksityinen toiminnanharjoittaja. Potilaan hoito muodostuu usein hoitoketjusta, jossa hoitoon osallistuu useita sairaalan yksiköitä tai kokonaan eri organisaatioita. Potilas on hoidettavana saman sairautensa vuoksi esim. terveyskeskuksessa, aluesairaalassa, keskussairaalassa ja vielä yliopistollisessa sairaalassa. Kaikissa näissä saatetaan tehdä potilaan hoitoon liittyviä röntgentutkimuksia. Sairaanhoidopiireillä ja yliopistollisilla sairaaloilla on velvoitteet toiminta-alueensa, esim. röntgenpalvelujen, laadun kehittämiseen ja seuraamiseen. Käytännössä yliopistosairaaloiden vastuu korostuu. Kaikessa potilaan hoidossa, niin myös radiologiassa toiminnassa, koko hoitoketjun tulee toimia suunnitelmallisesti ja asetettujen laatuksien mukaisesti, jotta hyöty säteilyn käytöstä potilaalle olisi mahdollisimman suuri.

Julkisella sektorilla toiminnan laadusta vastuulliset on helpommin osoitettavissa. Yksityisellä sektorilla tilanne on toinen, koska yksittäiset toiminnanharjoittajat eivät kuulu esim. sairaanhoidopiirien viralliseen organisaatioon ja ole siten toiminnan suunnittelussa mukana. Ne ovat kuitenkin merkittävä osa koko terveydenhuoltojärjestelmää; Yksityisellä sektorilla tehdään lähes 20 % kaikista röntgentutkimuksista (Parviainen, 1998). Laatuksien asettaminen jää tältä osin palvelujen ostajien ja niitä tarjoavan yrityksen sopimuksilla hoidettavaksi. Terveydenhuollon toiminnan yleisen laadun seurantavelvoite on Terveydenhuollon oikeusturvakeskuksella, lääninhallituksilla ja osaltaan myös Lääkelaitoksella.

Säteilynkäytön turvallisuutta valvoo viranomaisena Säteilyturvakeskus. Säteilyturvallisuuden kannalta tulee yhä enemmän huomioida myös klinisten toimintojen laatu. Uudessa *säteilylain (1142/1998) muutoksessa* on huomioitu EU:n säteilyturvallisuutta koskevien direktiivien vaatimukset.

Laatu tulee voida osoittaa

Ei kuitenkaan riitä, että sanomme toiminnan olevan laadukasta. Se tulee myös voida osoittaa. Teollisessa tuotannossa laatuksien standardeilla on vuosikymmenien perinne. Kokonaisvaltaiset laatuksien järjestelmät ovat voimalla tulossa myös terveydenhuoltoon. Enää ei siis riitä, että seurataan vain joidenkin yksittäisten toimintojen laatua. Terveydenhuollon laatuksien järjestelmiä on alettu kehittää suuressa määrin *SFS-EN ISO 9000 laadunhallinnan ja laadunvarmistuksen standardisarjan* pohjalta. Niitä voidaan soveltaa myös

julkisella sektorilla ja terveydenhuollon yksiköissä. Tämä laatustandardisarja tulee uudistumaan ensi vuonna, jolloin mm. yhdistetään osa sarjan eri standardeja.

Esim. röntgenosastoilla 10 - 20 vuotta toteutettu tekninen laadunvarmistus ei enää riitä. Se on sisällytettävä yhtenä säteilyturvallisuuden kannalta tärkeänä osana koko toiminnan kattavaan laatujärjestelmään, joka kuvataan useimmiten *laatukäsikirjana*. Radiologisella osastolla laatukäsikirjaan kuuluu käytännöllisesti katsoen kaikki sen toiminnot, tekninen laadunvarmistus sen yhtenä osana. Radiologisen osaston laatukäsikirjan malleina on käytetty mm. *Suomen Röntgenhoitajaliiton* sekä *Suomen Radiologiyhdistyksen laatukäsikirjamalleja*.

EU-maissa yleistyy käytäntö, jonka mukaan vastuu tuotteiden ja palvelujen vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta siirtyy yhä enemmän valmistajalle ja palvelun tuottajalle. Samalla viranomaisvalvonnan rooli muuttuu. Palvelun tuottajan ja toiminnan harjoittajan on pystyttävä osoittamaan toimintansa laatu. Puhutaan akkreditoinnista, sertifiointista ja auditoinnista. Näillä termeillä saattaa olla eri maissa ja kielissä hieman erilaiset merkityksiä.

Akkreditointi

Akkreditointi on pätevyyden toteamista. Akkreditoinnin avulla esim. laboratorio pyrkii osoittamaan toimintansa ja antamiensa testaustulosten ja todistusten olevan uskottavia ja luotettavia. Monet kliiniset laboratoriot ovat akkreditoituneet. Myös STUKin useat mitta-laboratoriot akkreditoituvat. Akkreditointi ei ole hyväksymistä tai luvan antamista, mutta se voi olla sen ehto. Suomessa kansallinen akkreditointielin on kauppa- ja teollisuusministeriön alaiseen Mittatekniikan keskuksen kuuluva FINAS (Finnish Accreditation Service). Akkreditointi edellyttää säännöllisiä auditointeja.

Sertifiointi

Sertifiointi on menettely, jolla kolmas osapuoli antaa kirjallisen vakuutuksen siitä, että joko tuote, menetelmä, järjestelmä, palvelu tai henkilö on tiettyjen määriteltyjen vaatimusten mukainen. On laatujärjestelmäsertifiointi, tuotesertifiointi ja henkilösertifiointi. Tuotesertifiointilla osoitetaan onko tuote esim. jonkin normin mukainen (esim. filmin nopeus ISO 200).

Laatujärjestelmän sertifiointilla voidaan osoittaa ulkopuolisille, että organisaation toiminta täyttää sille asetetun laatutason.

Sertifiointin suorittaja, kolmas osapuoli, on asianosaisesta riippumaton henkilö tai sertifiointielin. Sertifiointielimen tulee olla luotettava, uskottava, puolueeton asiantuntija toimialallaan. Sertifiointi on vapaaehtoista. Sertifiointipäätös tehdään vaatimustenmukaisuuden varmentavan arvioinnin (auditoinnin) perusteella. Organisaatio tai henkilö saa sertifiointielimeltä todistuksen, sertifikaatin, jolla voi ulkopuolisille osoittaa tuotteen, laatujärjestelmän tai henkilön vaatimustenmukaisuuden. Sertifiointi on voimassa vain tietyn ajan ja sen jatkaminen edellyttää uudelleenarviointia määräajoin.

Auditointi

Auditointi on *arviointia*. Auditointi termi tulee englanninkielisestä sanasta audit ja alunperin sillä tarkoitettiin ”tilintarkastusta”. Termin synonyymeja ovat assess ja evaluate. Auditointi-sanan eteen voidaan liittää selventävä lisämääre: esimerkiksi laatujärjestelmän auditointi, palvelujärjestelmän laatuauditointi, kliininen auditointi, (medical audit, clinical audit). Auditoinnin perustana voivat olla organisaation sisäiset tai ulkoiset tarpeet. Se voi olla koko organisaation toiminnan tai sen osan arviointia. Kliinisen auditoinnin sisältö riippuu toimintayksiköstä ja sen toiminnasta.

Laatuauditointi on toiminta, jossa selvitetään järjestelmällisesti, ovatko organisaation laatutoiminnot ja niiden tulokset suunnitelmien mukaiset, toteutetaanko suunnitelmia tehokkaasti ja ovat ne tavoitteiden kannalta taroituksenmukaisia (STAKES 1995b).

Auditointia tarvitaan ensisijaisesti toiminnan kehittämiseen. Auditointi on sinänsä vapaaehtoista, mutta akreditointimenettely edellyttää kuitenkin säännöllisiä kolmannen osapuolen suorittamia arviointeja. Myös sertifiointissa tarvitaan auditointeja. Auditointi on avointa ja laajuudeltaan ennalta sovitun mukaista. Sopivin väliajoin tehdyillä auditoinneilla voidaan todeta, täyttääkö toiminta jatkuvasti laatujärjestelmän vaatimukset.

Auditointi ei ole tarkastusta, määräysten valvontaa tai viranomaistoimintaa. Säteilylain muutos toi lääkinnällistä säteilynkäyttöä koskevan velvoitteen kliinisistä auditoinneista. STUK tulee viranomaistoimintana valvomaan myös sitä, että säteilynkäyttöorganisaatioiden laatujärjestelmään kuuluu kliiniset auditoinnit myös säteilylain tarkoittamalla tavalla.

Auditoijan/auditoijien tulee olla puolueeton, arvioitavasta kohteesta riippumaton henkilö. Omaan työtään tai vastualueitaan ei tulisi auditoida. Auditoijan tulisi olla asiantuntija arvioitavan toiminnan suhteen, hänellä tulee olla koulutusta auditointiin, myös kokemusta auditoinnista sekä henkilökohtaisilta ominaisuuksiltaan sopiva.

Auditointi voi olla sisäistä tai ulkoista. Se voidaan tehdä vertaisarviointina, ISO 9000-normien mukaisena sertifiointiarviointina tai laukupalkintokriteerejä käyttäen. Kolmannen osapuolen suorittaman auditoinnin tulee olla auditoitavasta kohteesta riippumattoman toimielimen suorittama.

Säteilyturvallisuutta koskevien säädösten velvoitteet

Euroopan unionin Neuvoston antamassa *MED-direktiivissä* (97/43/EURATOM) on annettu säteilysuojausvaatimuksia koskien säteilyn lääketieteellistä käyttöä ja siitä aiheutuvaa altistusta. Nämä vaatimukset on saatettu voimaan muuttamalla säteilylakia (1142/98, luvut 9 ja 10) ja säteilyasetusta (1143/98). Jatkossa on tulossa myös sosiaali- ja terveysministeriön päätös koskien mm. kliinistä auditointia. Säteilyturvakeskus (STUK) antaa myös ST-ohjeita, joista osa on jo ollut lausunnolla. Myös EU:n *BSS-direktiivin* (96/29/EURATOM), joka koskee työntekijöiden ja väestön säteilysuojelua, eräät vaatimukset tulee huomioida radiologisten yksiköiden laatuiminnoissa.

Laadunvarmistus

MED-direktiivissä on mainittu velvoittavana *laadunvarmistus*. Se on määriteltä: *"Kaikki suunnitellut ja järjestelmälliset toimenpiteet, joita tarvitaan aikaansaamaan riittävä varmuus siitä, että laitteisto, järjestelmä, sen osat tai menetelmät toimivat hyväksyttävällä tavalla sovitujen standardien mukaisesti."* Edelleen *radiologinen laitteisto* on *"Käyttöön asennetut radiologiset laitteet, apuvälineet ja käyttötilat:"* Laadunvalvonta on osa laadunvarmistusta. Teknisen laadunvarmistuksen osalta sitä on toteutettu Suomessa jo jokaisessa radiologian toimipisteessä. MED-direktiivin tarkoitusta uuden säteilylain kautta toteutettaessa myös laadunvarmistuksen kattavuutta täytyy arvioida uudelleen. Pelkkä röntgenlaitteen tekninen laadunvarmistus ei enää riitä, vaan laadunvarmistuksen tulee kattaa myös säteilynkäyttöön liittyviä toimintoja ja käytäntöjä. Laadunvarmistuksen ja laadunvalvonnan on katettava koko ketju aina läheteestä diagnoosiin tai hoitoon.

EU-direktiivin tarkoitusta pohtiessa tulkitsen, että direktiivin tarkoittama laadunvarmistus kattaa jopa laajemmin röntgenosaston toimintaympäristöä, kuin nykyisen teknisen laadunvarmistuksen velvoitteet sitä koskevien ST-ohjeiden mukaisesti toteutettuna. Omat velvoitteensa säteilysuojeluun ja sen toteutumisen laadunvarmistukseen tuo myös BSS-direktiivi (esim. valvonta- ja tarkkailualue, säteilytyöluokitus, koulutus). Potilaan säteilyannoksiin liittyvä vertailuannosten mittaaminen tai seuranta voi olla toteutustavasta riippuen nykyisenkaltaista teknistä laadunvarmistusta tai selkeästi osa kliinistä toimintaa, röntgentutkimusta.

Laadunvarmistuksesta säteilylaissa (40 §) on säädetty: *"Toiminnan harjoittaja on velvollinen toteuttamaan suunnitellut ja järjestelmälliset toimenpiteet sen varmistamiseksi, että säteilylähteet sekä niihin liittyvät laitteet ja välineet ovat kunnossa ja että niiden käyttöä koskevat ohjeet ja menettelyt ovat asianmukaiset."*

Kliininen auditointi

Säteilylaissa (39 c §) on säädetty *kliinisestä auditoinnista*: *"Toiminnan harjoittaja on velvollinen järjestämään säteilyn lääketieteellisen käytön suunnitelmallisen arvioinnin, jossa: 1) selvitetään noudatettuja tutkimus- ja hoitokäytäntöjä, säteilyaltistuksia sekä tutkimus- ja hoitotuloksia; 2) vertaillaan niitä hyväksi todettuihin käytäntöihin; sekä 3) esitetään tarpeelliseksi arvioituja toimenpiteitä käytäntöjen kehittämiseksi ja perusteettoman säteilyaltistuksen ehkäisemiseksi."* Säteilylaissa on annettu *sosiaali- ja terveysministeriölle* valtuutus antaa tarkempia ohjeita kliinisessä auditoinnissa käytettävistä menettelyistä sekä vertailutasojen ja vertailuarvojen määrittämisen perusteista.

MED-direktiivissä *kliininen auditointi* on määritelty seuraavasti: *"Lääketieteellisten radiologisten toimintojen systemaattinen tulkinta ja tarkastelu, jolla pyritään parantamaan potilaan hoidon laatua ja tulosta käytämällä järjestelmällistä arviointia, jossa radiologisia käytäntöjä, toimintoja ja tuloksia vertaillaan hyvän lääketieteellisen radiologisen toiminnan hyväksyttyihin standardeihin, muutetaan käytäntöjä tilanteen mukaan sekä otetaan käyttöön uusia standardeja."*

Röntgenosaston auditointi – kliininen auditointi

Hyvin monilla röntgenosastoilla on valmisteltu tai on valmisteilla koko toiminnan kattava laatukäsikirja. Suurimmalla osalla toimipaikkoja sellainen kuitenkin vielä puuttuu. Laatukäsikirjan yhtenä osana tulee olla myös säteilylain mukaan annettujen säädösten mukainen teknistä laadunvarmistusta koskeva suunnitelma ja ohjelma. Jo valmista laatukäsikirjaa onkin hyvä täydentää muuttuneen säteilylain (MED-direktiivin) tuomilla laadunseurantavelvoitteilla.

Kliininen toiminta kattaa laajan alueen koko röntgenosaston toiminnoista. Myös osa radiologisen osaston ulkopuolella tapahtuvista potilaan/asiakkaan hoitamiseen liittyvistä toiminnoista on huomioitava ja ne on sisällytettävä

laatukäsikirjaan. Pelkästään MED-direktiivin tarkoittamana kliininen auditointi on jonkin verran suppeampi, koska sen päätarkoituksena on edistää säteilyturvallisuutta, niin että säteilyn käytöstä saatu hyöty olisi mahdollisimman suuri ja että säteilyturvallisuuden taso ei vaihtelisi paljon. Sairaalan tai terveyskeskuksen röntgenosaston toiminnan kannalta on kuitenkin tarkoituksenmukaista laatia kattava laatuohjelma niin, että siihen kuuluu koko kliininen toiminta, myös sen joka ei ole varsinaista säteilynkäyttöä. Kliinisen toiminnan ohella organisaation laatukäsikirja käsittää myös muita toimintoja (esim. tukitoiminnot).

Auditointisuunnitelmaa tehtäessä valitaan ne standardit, normit, suositukset, kirjatut ohjeet, toimintasuunnitelmat, tavoitetasot tai vertailutasot, joihin toimintaa verrataan. Jos toimintayksikössä on laatukäsikirja, verrataan toimintoja siihen. Ulkopuolisen arvioijan lisäksi mukana on organisaation edustaja. Auditoinnissa arvioidaan laatutoimintojen toimivuutta, onko toiminnot esitettyjen suunnitelmien ja tavoitteiden mukaisia. Kokenut asiantuntija auditointia pystyy arvioimaan myös toimintojen laatua, ovatko toiminnot järkeviä, tai voisiko niitä parantaa. Jos arviointi tehdään vain rajatulle toiminta-alueelle, sen tulisi kattaa järkevä toimintakokonaisuus ja koko sen toimintaprosessin osa. Hyvin supea-alainen arviointi ei ehkä tuo esille riittävästi laatuun vaikuttavia tekijöitä. Auditoinnissa tulisi huomata kehittämiskohteet sekä toiminnot, jotka eivät ole suunnitelmien mukaisia. Tällöin voidaan myös pohtia, miksi näin ei ole. Arvioinnista tehdään kirjallinen yhteenveto. Hyvin tärkeää on palautekeskustelu auditointitapahtumasta ja siinä tehdyistä havainnoista. Hyvä laatujärjestelmä huomioi toiminnassaan havaitut poikkeamat ja korjaa ne suunnitellusti. Auditointi on myös oppimistapahtuma, jossa mukana olevat joutuvat paneutumaan organisaationsa tai yksikkönsä toimintaan huomattavan perusteellisesti.

Laatujärjestelmän auditoinnin pääkohtia voivat olla mm:

- organisaation/yksikön toiminta- ja laatu politiikka
- organisaatio ja sen vastuut
- pääprosessin toiminta ja sen osaprosessit
- hoidon laatu, seurantamenetelmät
- laatujärjestelmän toimintaohjeet
- toimintaohjeiden ja menetelmäkuvausten noudattaminen
- henkilökunta, sen koulutus ja kehittäminen
- asiakassuhteiden hallinta
- toimintatilat

- laitteet, kalibroinnit, huollot
- ohjelmistot
- ostopalvelujen laatu

Säteilyn käytössä on huomioita erityisalueena säteilyturvallisuus. Uutena asiana tulee potilaiden tutkimus- ja hoitokäytäntöjen ja niiden tulosten arviointi sekä potilaiden säteilyannosten tai niitä kuvaavien vertailutasojen seuranta. Laatutoimintojen on katettava myös potilaan lääketieteellisestä hoidosta kokonaisvastuussa olevan lääkärin osuuden, joka yleensä on myös tutkimukseen lähettävä lääkäri. Arvioidakseen esim. röntgentutkimuksen tarpeellisuutta hän tarvitsee kaikki tarpeelliset aikaisemmat hoitodokumentit ja esim. röntgentutkimusten tulokset. Hänellä on myös oltava riittävästi tietoa radiologisista tutkimuksista ja mahdollisuuksista niiden avulla selvittää potilaan sairautta. Tarvittaessa hänellä tulee olla mahdollisuus konsultoida alan erikoislääkäreitä tai aiemmin potilasta hoitaneita henkilöitä. Tutkimuksen tai toimenpiteen suorittajat tarvitsevat taas riittävästi yksilöidyn lähetteen toimenpiteestä sekä tarvittavat oheisdokumentit, esim. aikaisemmat tutkimustulokset. Röntgentutkimuksen tai hoidon tulosta tulee myös seurata systemaattisesti. Toiminnan laatua arvioitaessa em. asioiden toteutuminen tulee ottaa myös arvioida.

Jos tarkastellaan potilaan hoidon laatua laajasti, voidaan puhua hoidon kokonaislaadusta. Tällöin hänen saamaansa hoitoa tulee tarkastella yhä enemmän potilaan lähtökohdista. Potilaslähtöisyyttä tarkastelussa ei voida sivuuttaa, jos tarkastellaan potilaan koko hoitoprosessin onnistumista. Myös MED-direktiivissä mainitaan potilaan hoidon laatu, mutta tarkastelukulma on mielestäni siinä selvästi erilainen. Hoidon laadun arvioinnissa potilas ei ole mukana, vaan laatuksiteerit määritellään alan ammattilaisten sekä viranomaisten taholta. Myös alan ammatilliset järjestöt antavat laatusuosituksia. Joissakin maissa alan järjestöillä on myös jäsenkuntansa ammatillisen toiminnan laatua kontrolloivaa roolia.

Auditointia varten tarvitaan kriteerejä tai vertailutasoja, joihin toimintoja voidaan verrata. Usein voidaan käyttää yleisiä muualla jo hyväksi havaittuja kriteerejä (esim. säteilyannos standarditutkimuksissa: European Commission, pohjoismaiset suositukset, suomalaiset vertailuarvot), tai ne voivat olla organisaation itsensä asettamia. Aina tarvitaan myös yksilöllisiä kutakin toimipistettä koskevia sovittuja tavoitetasoja (esim. erikoistoimenpiteiden ohjeistus).

Auditointikokemus Salon aluesairaalan radiologisessa yksiköstä on ollut hyvin antoisa. Siinä arvioinnin päätavoite oli toiminnan kehittäminen. Auditoinnissa käytiin läpi yksikön toimintaprosessia melko laajasti. Arvioituja alueita olivat mm röntgentutkimusprosessit ja toiminta eri tutkimushuoneissa, ohjeistus, teknisen laadunvarmistuksen toteutuminen, säteilyturvallisuuden toteutuminen, potilasannokset, tutkimustilat ja koulutus. Röntgentutkimuksista erityisarviointiin valittiin lannerangan röntgentutkimus. Auditoinnissa on hyvin tärkeänä asiana tullut esille henkilöstön myönteinen asenne arviointiin, joka on edellytys auditoinnin hyvälle toteutumiselle.

Kirjallisuusviitteet

Asetus säteilyasetuksen muuttamisesta 1143/98. Helsinki 1998.

Euroopan neuvosto. Henkilöiden terveyden suojelemisesta ionisoivan säteilyn aiheuttamilta vaaroilta lääketieteellisen säteilyaltistuksen yhteydessä. Neuvoston direktiivi 97/43/Euratom. Luxemburg 1997.

Euroopan neuvosto. Perusnormien vahvistamisesta työntekijöiden ja väestön suojelemiseksi ionisoivasta säteilystä aiheutuvilta vaaroilta. Neuvoston direktiivi 96/29/Euratom. Luxemburg 1996.

European Commission. European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images. EUR 16262 EN, Brussels, Luxemburg, 1996.

Godwin R., de Lacey G., Manhire A. (eds). Clinical Audit in Radiology: 100+ Rescipes. London: Royal College of Radiologists, 1996.

Laki säteilylain muuttamisesta 1142/98. Helsinki 1998.

Parviainen T. Terveystenhuollon laatupolitiikka. Laadunvalvonnan käytännön toteuttaminen –seminaari. 25. - 27.4.1996. Luentolyhennelmä. Säteilyturvakeskus 1996.

Parviainen T, Heikkilä M. Radiologiset tutkimusmäärät ja tunnusluvut. Raportissa: Servomaa A (toim.). Säteilyturvallisuus ja laadunvarmistus röntgendiagnostiikassa 1998. STUK-A152. Helsinki: Oy Edita Ab, 1998: 47-52.

SFS-EN ISO 9000 –standardisarja. Koskee ladunhallintaa ja laadunvarmistusta.

SFS-ISO 10011. Laatujärjestelmän auditoinnin suuntaviivat.

Sosiaali- ja terveydenhuollon tutkimus- ja kehittämiskeskus. Laadunhallinta sosiaali- ja terveydenhuollossa. Valtakunnallinen suositus sosiaali- ja terveydenhuollon laadunhallinnan järjestämisestä ja sisällöstä. Stakes, 1995a. (uusitun suosituksen luonnos 1998).

Sosiaali- ja terveydenhuollon tutkimus- ja kehittämiskeskus. Sosiaali- ja terveydenhuollon laatusanasto 1995b.

Sosiaali- ja terveydenhuollon tutkimus- ja kehittämiskeskus. Terveydenhuollon laatupolitiikka. 1994.

OLEN TODELLA HYVÄ LÄHES TÄYDELLINEN - VAI OLENKO? Auditointi kuvantamistoiminnan kehittämisen tukena

Leena Walta
Salon seudun sairaala

Tämän päivän terveydenhuolto on tunnetusti jatkuvien muutos- ja kehityspaineiden alaisena. Yhteiskunnallisten muutosten, vähenevien voimavarojen, muuttuvien terveystarpeiden sekä lääketieteellisen ja teknisen kehityksen ristiaallokosta selviäminen edellyttää toiminnan ja sen laadun jatkuvaa arviointia. Kuvantamistoiminnan kannalta oman ulottuvuutensa toiminnan arvioinnin toteutukseen ja sisältöön tuo vuoden 1999 alussa voimaan astuneet säteilylain muutokset, joissa viitataan niin laatujärjestelmiin kuin toiminnan systemaattiseen auditointiinkin.

Salon seudun sairaalan kuvantamisyksikössä käynnistyi vuoden 1998 lopulla projekti, jonka yhtenä tarkoituksena on yhteistyössä Säteilyturvakeskuksen kanssa etsiä konkreettisia ratkaisuja vastata niin uuden säteilylain vaatimuksiin kuin kuvantamistoiminnan kehittämiseen ja arviointiin yleensäkin. Projektissa Säteilyturvakeskuksen asiantuntija on toiminut ns. ulkopuolisenä auditoijana arvioimalla mm. olemassa olevaa laatujärjestelmää. Samanlaisesti yksikössä on haettu mm. mahdollisia sisäisen auditoinnin muotoja sekä aloitettu nykyisen laatujärjestelmän täsmentäminen ja laajentaminen. Seuraavassa tarkastellaan lähemmin projektiin sisältyvää ja ns. kliiniseen auditointiin liittyvää hanketta.

Auditointi ja laatujärjestelmät - mistä on kysymys?

Uudistettu lainsäädäntö edellyttää tulevaisuudessa kuvantamistoiminnan auditointia, jolla yksinkertaistaen tarkoitetaan toimintaa, jossa (yleensä) organisaation ulkopuolinen henkilö arvioi sitä, miten hyvin organisaatiossa toteutetut laatutoiminnot ja niiden suunnitelmat vastaavat toisiaan.. Auditointi siis edellyttää kirjallista suunnitelmaa, jossa on kuvattu ainakin arvioinnin kohteet ja arviointimenetelmät, aikataulut sekä vastuuhenkilöt. Näitä suunnitelmia ja niiden toteutumista voidaan puolestaan kutsua organisaation laatujärjestelmäksi. Esimerkkeinä kuvantamistoimintaan liittyvistä laatujärjestelmistä ovat mm. kehitysprosessin konkreettinen laadun arviointi ja sen toteuttamiseksi laaditut ohjeistot.

Kuvantamistoiminnan osalta röntgenkuvaan ja sen muodostumiseen liittyvät laatujärjestelmät ovat olleet jo pitkään osa arkipäiväistä toimintaa useimmissa terveydenhuollon organisaatioissa. Näiden laatujärjestelmien tarkoituksena on taata mahdollisimman korkeatasoiset kuvat, jota voitaneen pitää välttämättömänä, mutta ei ehkä kuitenkaan riittävänä ehtona laadukkaalle kuvantamistoiminnalle.

Kuvantamistoiminta on yleensä osa monimutkaista terveydenhuollon palvelutuotantojärjestelmää, jonka laadulla on monta ulottuvuutta ja tekijää. Aina ei ole välttämättä selvää, mistä laatutyöskentelyssä on kyse ja mistä itse laatu muodostuu. Laatukirjallisuudessa on esitetty erilaisia tapoja jäsentää terveydenhuollon laatua. Yksi ehkä tunnetuimmista lienee näkemys, jonka mukaan laadun arviointi kohdistuu rakenteisiin, toimintaan sekä lopputulokseen. Näkemys on sängen laaja, eikä sinällään kuvaa konkreettisia

laadun arvioinnin kohteita, mutta tarjoaa kuitenkin lähtökohdat laatutyöskentelylle. Uudistettavassa valtakunnallisessa sosiaali- ja terveydenhuollon laadunhallintaan liittyvässä suosituksessa kuvataan lähinnä laadunhallintaa ja laatutyötä ohjaavia periaatteita. Edellisiä konkreettisempia laadunhallinnan kohteita löytyy radiologisille yksiköille tarkoitetuista laatukäsikirjoista sekä uudesta säteilylaista, jonka mukaan kuvantamistoiminnan arviointi tulee kohdistaa myös tutkimus- ja hoitokäytäntöihin, säteilyaltistukseen sekä tutkimus ja hoitotuloksiin.

Kliininen auditointi - mitä se voisi olla?

Uuden lain mukaan kuvantamistoiminnan ns kliinisestä arvioinnista on tulossa osa suomalaisen terveydenhuoltojärjestelmän laadun arviointia. Salon seudun sairaalan kuvantamisyksikössä käynnissä olevan laadun kehittämisprojektin yhtenä tarkoituksena on etsiä menetelmiä vastata lain haasteisiin. Koska haaste on uusi, eikä esikuvia tai selkeitä toimintaohjeita ole vielä toistaiseksi olemassa, nähtiin tarkoituksenmukaiseksi lähteä liikkeelle yhdestä, mutta yleisestä radiologisesta tutkimuksesta. Lannerankakuvauksen ja siihen liittyvien käytäntöjen arviointi koettiin tarkoituksenmukaiseksi myös projektiin osallistuvan Säteilyturvakeskuksen kannalta.

Lannerankatutkimuksen kliininen auditointi on suunniteltu muodostuvan ainakin seuraavista osa-arvioinneista:

- ihon pinta-ala-annoksen mittaaminen ja kirjaaminen kahdessa eri työpisteessä/röntgenhoitajat sekä STUK
- tutkimuskäytäntöjen arviointi (mm. fokuskoko, kokonaissuodatus, käytetty kV, filmin suhteellinen herkkyys, fokus-filmi etäisyys, valotusaika)/STUK
- läheteiden ja kuvien laadun arviointi/radiologit ja röntgenhoitajat
- lannerankatutkimuksen yleiset sekä erikoistapauksiin liittyvien nettelytapojen ja -käytäntöjen arviointi/ radiologit ja röntgenhoitajat
- kuvien, lausuntojen ja tutkimusten saatavuuden arviointi/ortopedi ja fysiatri

Tämän lisäksi radiologit ovat arvioineet EU:n lannerankatutkimuksille asettamien laatukriteerien tarkoituksenmukaisuutta ja niiden toteutumista omassa yksikössämme.

Mihin on tultu?

Edellä esitetty kuvaus kliinisestä auditoinnista on kokeiluluonteinen yritys soveltaa uutta säteilylakia käytäntöön. Se ei kuitenkaan sellaisenaan riitä kuvantamistoiminnan kokonaisuuden laatujärjestelmän perustaksi, sillä siitä puuttuu toistaiseksi ainakin kustannusten arviointi. Lisäksi jokapäiväiseen toimintaa liittyy monia, usein piilossa olevia prosesseja, joiden ns. näkyväsitekeminen ainakin osittain puuttuu nyt toteutuneesta arvioinnista. Tässä vaiheessa on kuitenkin tullut ilmi, että niin kliininen auditointi kuin arviointi yleensäkin on organisaatiokohtaista ja käytetyt menetelmät eivät sellaisenaan ole sovellettavissa muihin toimintaympäristöihin.

Puutteistaan huolimatta projektissa on tähän mennessä todentunut laatutyöskentelylle asetetuista yleisistä periaatteista asiakaskeskeisyys ainakin siinä tapauksessa, kun potilaan hoidosta vastaavia klinikoita pidetään kuvantamistoiminnan asiakkaana. Toisaalta potilaan ääni jää toistaiseksi kuulematta, mutta yksikkömme on mukana projektissa, jossa kehitetään koko organisaatiota koskevaa potilaspalautejärjestelmää, jolloin myös asiakkaiden osuus auditoinnin toteutuksessa laajenee.

Asiakasnäkökulman lisäksi tämän päivän laatutyöskentelyssä korostuu myös työntekijöiden aktiivinen osallistuminen oman työnsä arviointiin ja kehittämiseen, joka projektissa ilmenee niin radiologien kuin röntgenhoitajienkin mahdollisimman tasavertaisena osallistumisena toiminnan arviointiin. Tämä osallistuminen on toteutettu osana jokapäiväistä ja -viikkoista toimintaa.

Arvioinnissa on kyse aina myös oppimisesta. Arvioinnin tarkoituksenaahan on osaltaan löytää toiminnan vahvuudet, mutta myös sen heikot kohdat. Näiden heikkojen kohtien korjaaminen edellyttää muutosta mahdollisesti rakenteissa, prosesseissa ja/tai toimintatavoissa ja nämä muutokset puolestaan edellyttävät useimmiten uuden toimintatavan oppimista. Oppiminen on parhaimmillaan muutokseen johtavaa yhteistoiminnallista, oman toiminnan kehittämistä ja jossa nykyinen toimintatapa, mahdolliset tuotteet ja palvelut asetetaan kyseenalaisiksi ja kriittisen tarkastelun kohteeksi. Tässä esityksessä kuvattua projektia voidaan kuvata myös hyppynä tuntemattomaan, josta selviytyminen on edellyttänyt ja edellyttää edelleenkin luovuutta ja oppimista sekä aikaa, kärsivällisyyttä, koulutusta, keskustelua ja palautetta. Edellä esitetyn projektin puitteissa ehkä suurin muutoksen ja oppimisen

paikka liittyi itse arvioinnin käsitteeseen. Vähitellen kehittämistyön edessä on näkemys arvioinnista arvosteluna muuttunut käsitykseksi, jonka mukaan työn ja sen tekijöiden kehittyminen ja muuttuminen edellyttää jatkuvaa arviointia.

Toteutettava klinisen auditoinnin kokeilu on tähän mennessä osoittanut laatutyöskentelyyn liittyvän koulutuksen sekä ulkopuolisen asiantuntija-avun tarpeellisuuden ja välttämättömyyden. Ilman asiaansa tuntevia ja toiminnasta vastuuta kantavia organisaation ulkopuolisia henkilöitä laatujärjestelmän kehittäminen ja arviointi jää yksipuoliseksi. Projektin tähänastiseen etenemiseen on oleellisesti vaikuttanut Säteilyturvakeskuksen asiantuntemus sekä sen toteuttamat konkreettiset toimenpiteet, jotka ovat mahdollistaneet niin projektin käynnistämisen kuin etenemisenkin. Säteilyturvakeskuksessa on asiantuntemusta, jota toivoisi voitavan hyödyntää myös tulevaisuudessa esimerkiksi laatujärjestelmien ulkopuolisen auditoinnin muodossa.

Kirjallisuutta

Engeström Y. Kehittävä työntutkimus. Perusteita, tuloksia ja haasteita. Hallinnon kehittämiskeskus. Helsinki, 1995

Holma T. ITE - menetelmä työyksikön itsearviointiin ja laadunhallintaan sosiaali- ja terveydenhuollossa. Suomen kuntaliitto. Helsinki, 1997.

Juuti P. Organisaatiokulttuurin muuntaminen. Teoksessa: Lindström K (toim). Terve työyhteisö - kehittämisen malleja ja menetelmiä. Työterveyslaitos. Helsinki, 1994: 154-165.

Minzberg H. Organisaatiosuunnittelu. Rastor-julkaisut. Helsinki, 1990.

Sarala U, Sarala A. Oppiva organisaatio - oppimisen, laadun ja tuottavuuden yhdistäminen. Helsingin yliopiston Lahden tutkimus- ja koulutuskeskus. Tampere, 1996.

STAKES. Laadunhallinta sosiaali- ja terveydenhuollossa. Jyväskylä, 1995.

STAKES. Laadunhallinta 2000-luvulle sosiaali- ja terveydenhuollossa. Valtakunnallinen suositus. Luonnos 10.11.1998.

STUK. Säteilylain ja -asetuksen muutokset voimaan 1.1.1999. Tiedote 4.1.1999.

Taipale E, Outinen M, Mäkelä M. Missä mennään erikoissairaanhoidon laadunhallinnassa 1997? STAKES Aiheita 16. 1998.

Vuori H. Terveystenhuollon laadunvarmistus. SHKS. Vammala, 1993.

RÖNTGENTOIMINNAN AUDITOINTI ÄHTÄRIN ALUESAIRAALASSA

Pirjo Talonen
Ähtärin aluesairaala

Jatkuvan laadunvarmistuksen mittaamiseksi ja arvioimiseksi, poikkeamien toteamiseksi ja parantamiseksi suoritetaan laatuauditointeja.

Sisäiset auditoinnit

Auditoinnin tehtävänä on

- todentaa suunnitelmien ja toimivuuden vastaavuus
- varmistaa standardin vaatimusten sisältyminen järjestelmään ja niiden täyttyminen
- varmistaa asiakkaan vaatimusten täyttyminen
- arvioida laatutavoitteiden toteutuminen
- arvioida/määritellä laatujärjestelmän tehokkuus
- hakea kehityskohteita ja tehdä niistä toteutusehdotuksia. (AQL OY)

Miksi vastuuyksikössämme on suoritettu laatuauditointi?

Olemme tehneet erilaisia laatuun liittyviä toimintoja jo lähes 20 vuotta. Kokosimme yksittäiset laatutyöt ns. laatukäsikirjaksi. Tämän jälkeen tuli kuin itsestään tarve mittauttaa laadun nykytaso ja laatujärjestelmän kattavuus.

Koska sairaanhoitopiirissämme on yksi sertifioitu yksikkö, pyysin sen ylihoitajaa meille sisäiseksi auditoijaksi. Ajatuksenani oli saada selvyyttä siitä, miten vastaamme ISO 9002 -standardin vaatimuksiin. Sain sisäiseen auditointiin liittyvää materiaalia. Kävimme henkilökunnan kesken termistöjen sisältöjä läpi siten, että tiesimme, mitä kuhunkin käsitteeseen kuuluu ja mitä se merkitsee omassa työssämme.

Itse auditointitilanteessa kerromme sen, miten me toimimme, teemme työmme, arvioimme työtämme ja mittaamme asiakaspalvelun tasoa.

Vastaamme kukin oman työmme osuudesta, jossa olemme asiantuntijoita. Auditoija tekee kuulemastaan ja näkemästään johtopäätökset ja arvioi standardien vastaavuuden ja mahdolliset poikkeamat.

Todennetaan suunnitelmien ja toimivuuden vastaavuus

Laatujärjestelmä ja johdon vastuu: Sairaanhoidopiirimme johtamismallina toimii tulosjohtaminen. Itse olemme toimintasuunnittelun laatineet laatutulosjohtamisen mukaisesti. Siinä vuositointaa ohjaa sisäinen tavoiteohjelma, jota seuraamme osastokokouksien yhteydessä , jolloin koko henkilökunta saa tiedon tuloksista .

Laatupolitiikka kulkee toimintatavoitteiden kanssa linjassa siten, etteivät painopistealueet ole ristiriidassa keskenään.

Vuosittain käymme koko henkilökunnan kanssa kehitekeskustelut, jossa mittaamme kunkin sitoutumisen tavoitteisiin sekä saamme tiedon, millaisia menetelmiä tarvitaan tavoitteiden saamiseksi kunkin osalta. Keskusteluissa käydään läpi koulutustarpeet, työn kehitys, työkierto, henkilön työkyky ja motivoituminen työhön, vastuumatriisien tarkistukset ym.

Johdon katselmuksessa arvioimme, miten olemme tavoitteet saavuttaneet. Millä resursseilla ja panostuksin suoritteet on tuotettu ja mitkä niiden kustannusvaikutukset ovat vuositasolla.

Varmistetaan standardin vaatimusten sisältyminen järjestelmään ja niiden täyttyminen

Sopimuskatselmuksella tarkistetaan, että palvelujen tuottamisesta on tehty kirjalliset sopimukset ja kirjatut myynti/ostoehdot. Samoin laitteiden ja koneiden huollot on järjestetty systemaattisesti ja ne on osoitettavissa sopimuksin.

Asiakkaan toimittamien tuotteiden valvontaan kuuluvat asiakasluettelo yhteystietoineen sekä perustelut, miksi ko. tuotteen hankintaan on päädytty. Tuotteen saavuttua yksikköömme tuote tarkistetaan, varmistetaan tuotteen kesto aika, merkitään toimituspäiväys, varastoidaan ”tuoreusjärjestykseen”.

Asiakirjojen ja tietojen valvonta: Siinä tarkistetaan käytössä olevat toimintaohjeet ja dokumentit. Niiden antoajat ja päivitykset vaaditaan. Asiakirjojen arkistointiajat ja arkistointivastuut on määritettävä asiakirjavalvontaluettelona.

Tuotteen tunnistettavuus ja jäljitettävyys turvataan merkitsemällä potilaspapereihin käytettävien tuotteiden erä/sarjanumerot (mm.varjoaineista ja erikoistarvikkeista).

Poikkeavan tuotteen valvonta perustuu tilattavalle tuotteelle asetetusta laatuvaatimuksesta. Mikäli tuote ei vastaa tavoitteita, tulee poikkeama pystyä todistamaan mittauksin tai muilla keinoin, jotta tuote voidaan palauttaa/vaihtaa haluttuun .

Varmistetaan asiakkaan vaatimusten täyttyminen

Prosessinohjaus tarkistetaan prosessin kuvauksin joko vuokaaviota käyttäen tai muuten dokumentoituna. Prosesseina voidaan kuvata potilaskulkua hoitolinjassa, jolloin tarkastellaan linjassa kulun sujuvuutta niin ajanvarauksen, odotusaikojen, itse hoitoprosessin ja vastausten saannin ja vastaanoton suhteen. Yhteistyön sujuminen ja tiedonkulku ovat tässä myös tarkasteltavana. Hoitoprosessissa taas katsotaan asetettujen kriteerien täyttymistä .

Tarkastus-, mittaus- ja testausvälineiden valvonta kuuluu prosessinohjaukseen siten, että teknisillä mittauksilla varmistetaan laitteiden ja koneiden toiminta ja potilasturvallisuus.

Kyselytutkimuksin ja avoimella jatkuvalla asiakaspalautejärjestelmällä saadaan tietoa asiakkailta palvelun laadusta.

Arvioidaan laatutavoitteiden toteutuminen

Sisäisin auditoinnein sekä yksikön omissa arviointipalaverieissa arvioidaan ja pohditaan laatutavoitteiden toteutumista.

Myös johdon katselmustilanne on tärkeä arviointikanava. Henkilötasolla taas kehitekeskustelut toimivat arviointitilanteina.Tärkeänä palautejärjestelmänä näemme asiakaskyselyt ja "Risut ja ruusut"- jatkuvan palaute-

järjestelmän sekä palvelulinjan henkilöstölle kohdennetut kyselytutkimukset.

Arvioidaan/määritellään laatujärjestelmän tehokkuus

Auditoinnin avulla saadaan hyvä näkemys laatujärjestelmän toimivuudesta. Yksikön omana sisäisenä keinona on vuokaavioiden avulla tutkia ja ratkoa ns. solmukohdat palvelulinjoissa. Tämän avulla voidaan tehostaa palvelun toimivuutta.

Haetaan kehityskohteita ja tehdään niistä toteutusehdotuksia

Auditoinnin raportit antavat uusia linjausehdotuksia, mikäli auditoinnissa on ilmennyt poikkeamia, joiden eteen yksikön tulee miettiä ratkaisumalleja. Tämän avulla toiminta tulee jäsenneytyn ohjauksen piiriin ja suuret virheet pystytään eliminoimaan pois siinä vaiheessa ettei vahinkoa pääse syntymään.

Olemme sitoutuneet puolivuositaiseen auditointijärjestelmään, mutta sertifiointia vielä hieman emmimme. Auditoinnista saimme lausunnon, että saamme käyttää nimitystä "Toimiva laatujärjestelmä", koska todistimme toimintamme laadun laajempaan kuin laatukäsikirja-nimitys edellyttää.

RÖNTGENTUTKIMUKSET TERVEYS- KESKUKSISSA

Tutkimusmäärät ja laatu

Teuvo Parviainen
Säteilyturvakeskus

Terveyskeskusten röntgenosastoilla tehdään lukumääräisesti selvästi suurin osa kaikista vuosittaisista röntgentutkimuksista, kun tarkastellaan terveydenhuollon eri organisaatioita. Kaikista röntgentutkimuksista terveyskeskusten osuus oli 37 % vuoden 1995 tutkimustilastoissa. Säteilyturvakeskuksessa tehdyn selvityksen mukaan (Parviainen, 1998). Röntgentutkimuksia terveyskeskuksissa tehtiin tuolloin yhteensä lähes 1,6 miljoonaa. (Terveyskeskusten hammashuollossa tehdyt tutkimukset eivät ole luvussa mukana.) Ultraäänitutkimuksia terveyskeskuksissa tehtiin noin 131 000, eli 30 % kaikista uä-tutkimuksista. Terveyskeskukset ovat perusterveydenhuollon yksiköitä ja niiden tuottamien radiologisten tutkimusten tavoitteena on palvella perusterveydenhuollon tarpeita. Vain erikoislääkärijohtoisissa terveyskeskusten sairaaloissa tehdään esim. tietokonetomografiatutkimuksia tai erikoistutkimuksia. Valtaosa kaikista radiologisista tutkimuksista oli luuston ja pehmytosien tutkimuksia, 62 %. Terveyskeskuksissa tehdään jonkin verran myös mammografiaseulontatutkimuksia ja esim. hammashoidon tarvitsemia erikoistutkimuksia.

Terveyskeskusten tutkimusmäärät lisääntyneet

Terveyskeskusten radiologiset tutkimukset ovat lisääntyneet yhteensä jopa 30 % vuodesta 1984 vuoteen 1995 (Parviainen, 1998). Radiologisten perustutkimusten kysyntä on siirtynyt yhä enemmän pieniin yksiköihin, terveyskeskuksiin ja myös yksityisille palveluntuottajille. Keskussairaalat ja yliopistosairaalat keskittyvät yhä enemmän vaativiin erikoistutkimuksiin. Työnjako onkin varmaan järkevä. Kuitenkin päällekkäisyyttä esiintyy edelleenkin sairaanhoitopiirien eri portaissa myös radiologisissa tutkimuksissa.

Yksittäisten terveyskeskusten tutkimusmäärien muutokset vaihtelevat puoleen ja toiseen. Noin 20 keskikokoisen terveyskeskuksen tutkimusmäärät olivat nousseet 1980-luvun puolivälistä vuoteen 1990 yli 20 %. Sen

jälkeen tutkimusmäärien kasvu oli lähes pysähtynyt. Tällä vuosikymmenellä näyttää tutkimusmäärien kasvu olevan noin 3 % laajan kyselytutkimuksen vastausten perusteella arvioituna.

Röntgentutkimusten vuosittainen tutkimusmäärä vaihtelee huomattavasti eri terveyskeskusten välillä väestöpohjasta riippuen: noin tuhannesta yli kahteenkymmeneen tuhanteen. Keskimäärin röntgentutkimuksia vuosittain tehdään terveyskeskuksissa noin 7000. Terveyskeskuksissa vuosittain tehtyjen tutkimusten määrä/asukas vaihtelee myös huomattavasti: esim. Pohjois-Savon sairaanhoitopiirin alueella 0,33 – 0,78 tutkimusta/asukas (Vesala, 1998). Pientenkin paikkakuntien terveyskeskuksiin on perustettu myös röntgenpalvelut, koska perusterveydenhuollon yksi tärkeä kriteeri on ollut palvelujen kohtuullinen ja tasapuolinen saatavuus. Nyt noin 25 vuotta terveyskeskusverkoston perustamisen jälkeen kansalaisten liikkumismahdollisuudet tai sairaankuljetuspalvelut ovat parantuneet siinä määrin, että useita aivan pieniä terveyskeskusten röntgentoimipisteitä on lopettanut toimintansa siinä vaiheessa, kun niiden olisi pitänyt investoida uusiin röntgenlaitteisiin tai tiloihin. Muutamissa toimipisteissä röntgenhoitaja käy tekemässä tutkimuksia vain muutamina päivinä viikossa. Joillakin paikkakunnilla terveyskeskus ja aluesairaala toimivat "saman katon alla", jolloin myös röntgenpalvelut tuotetaan samassa toimintayksikössä.

Lasten röntgentutkimukset terveyskeskuksissa

Terveyskeskusten kaikista röntgentutkimuksista noin 15 % tehdään lapsille ja nuorille. Aivan pienille lapsille (alle 1 vuotta) ei terveyskeskuksissa tehdä röntgentutkimuksia. Sitä vanhempien lasten tutkimuksista 30 - 50 % tehdään terveyskeskuksissa. Alue-, keskus- ja yliopistosairaaloissa lasten tutkimusten osuus on noin 8 - 9 %. Kaikista lasten röntgentutkimuksista terveyskeskuksissa tehdään jopa 42 %, eli yhteensä vajaa 150 000. Luuston tutkimuksia oli 79 % ja hengityselinten tutkimuksia 20 %. Kolmanneksi yleisin oli NSO-tutkimus. (Heikkilä, 1998)

Lasten thorax-tutkimusten tutkimustekniikat vastasivat suurimmalta osin EU-suosituksia. Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin terveyskeskuksissa tehdyssä tutkimuksessa (Mikkola 1998). Tutkimustekniikat olivat yhteneväiset eri terveyskeskuksissa ja lasten tutkimuksen erityispiirteet osatiin hyvin huomioida. Terveyskeskuksilla oli tutkimusten mukaan käytössään asianmukaiset laitteet ja välineet.

Käytetäänkö radiologin palveluja riittävästi?

Vain muutamissa kymmenissä suurissa terveyskeskuksissa on radiologian erikoislääkärin virka (43 virkaa 1997). Osa terveyskeskuksista saa radiologin konsultointipalveluja siten, että röntgenkuvat lähetetään hänelle lausunnolle tai radiologi tulee esim. joka toinen viikko tekemään tutkimuksia tai antamaan lausunnon. Perinteisten maha-suolikanavan varjoainetutkimusten osuus on vähentynyt myös terveyskeskuksissa. Lämpivalaisulaitteiden määrä terveyskeskuksissa on noin 75. Konsultointimahdollisuuksien odotetaan helpottuvan ja lisääntyvän huomattavasti teleradiologiassa tarvittavan kuvansiirtotekniikan kehittyessä ja yleistyessä. Yleinen lama tällä vuosikymmenellä on vaikuttanut myös terveyskeskusten toimintaan ja erikoislääkärikonsultaatioiden käyttöön. Pääasiassa terveyskeskusten röntgentutkimuksista diagnoosin tekevät terveyskeskuslääkärit. Noin 10 – 25 % terveyskeskusten radiologisista tutkimuksista tulee radiologin tulkittavaksi. Terveyskeskusten radiologisten tutkimusten toteutuksesta vastaavat yleensä röntgenhoitajat. He tulkitsevat lähetettävien lääkäreiden tutkimuspyynnöt, suunnittelevat tutkimusprojektiot, toteuttavat tutkimuksen ja hyväksyvät kuvien sekä teknisen, että diagnostisen laadun (Kinnunen, 1997).

Näkökantoja terveyskeskusten röntgentutkimusten laatuun

Kaikissa terveydenhuollon portaissa, niin myös terveyskeskuksissa tehdään jonkin verran ”turhia tutkimuksia” tai päällekkäisiä tutkimuksia. Näin esim. jos potilas on menossa hoitoon keskussairaalaan, jossa myös tehdään röntgentutkimuksia. Toisaalta terveyskeskuslääkärillä potilaan hoidosta vastaavana lääkärinä on vastuu hoitopäätöksestä, jonka hän on halunnut varmistaa röntgentutkimuksella.

On esitetty, että terveyskeskusten röntgentutkimuksissa konsultaatioaste tulisi olla vähintään 25 %, koska terveyskeskuslääkärin tulkinnoista yli 10 % on vääriä. Väärät tulkinnat voivat aiheuttaa turhia jatkotutkimuksia tai hoitoja ja toisaalta virheellisen tai myöhästyneen hoidon (Paakkala 1997). Lasten ”natiivi maha” –tutkimus on usein tarpeeton, tai että NSO-kuvaukset alle 2-vuotiaille ovat harvoin hyödyllisiä (Svedström, 1998).

Kuusamon terveyskeskuksessa tehdyssä tutkimuksessa radiologien arvion mukaan röntgentutkimuksista 89 % oli pyydetty mielekkäästi, mutta tutkimusten diagnostinen anti jäi odotettua heikommaksi. Tutkimusta pyytäneillä lääkäreillä todettiin olevan hyvät tiedot, mihin radiologisia tutkimuksia voi käyttää, mutta ilmeisesti hieman puutteelliset tiedot tutkimusten diagnostisesta voimasta, koska viidesosa radiologin tekemistä ja lausumista tutkimuksista ei vaikuttanut potilaan hoitoon. Lähetteet todettiin hyviksi, mutta jonkin verran puutteita oli potilaan kliinisissä esitiedoissa. Tästä huolimatta röntgenhoitajat pystyivät lähes kiitettävään tutkimustasoon (Kinnunen, 1997). Hyvän, riittävän informatiivisen röntgenlähetteen merkitys on suuri.

Tulisiko terveyskeskusten käyttää enemmän radiologin palveluja, kuten on esitetty? Tarkemmin ei tiedetä, kuinka paljon terveyskeskusten radiologisen toiminnan laatu vaihtelee. Terveyskeskusten röntgentoiminnan laadun suhteen röntgenhoitaja on avainasemassa. Yksin toimivien röntgenhoitajien täydennyskoulutuksen tärkeys korostuu. Terveyskeskusten ja sairaanhoitopiirien tulisi yhdessä tarkastella terveyskeskusten radiologisen toimintaa, luoda sille laatuvaatimukset ja seurata toteutumista laatujärjestelmän mittareilla sekä myös ulkoisten arviointien avulla.

Kirjallisuusviitteet

Heikkilä M, Servomaa A, Parviainen T. Lasten radiologiset tutkimukset: Tutkimusmäärät ja annokset. Raportissa: Servomaa A (toim.). Säteilyturvallisuus ja laadunvarmistus röntgendiagnostiikassa 1998. STUK-A152. Helsinki: Oy Edita Ab, 1998: 132-142.

Kinnunen J, Ahovuo J, Vierimaa E, Vääräniemi T, Raunio J. Terveyskeskusten radiologisten tutkimusten laatu – parannuksiin kannattaa panostaa. Suomen Lääkärilehti 1997; 10: 1177 – 1181.

Mikkola M, Mustasaari M. Lasten thorax-röntgentutkimusten tutkimustekniikka Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin alueen terveyskeskuksissa. Opinnäytetyö Oulun terveydenhuolto-oppilaitoksessa. Radiografia 1998; 2: 15-17.

Paakkala T. Terveyskeskusten röntgentoiminta. Sädeturvapäivät 22. - 23.10.1997. Esitelmäyhennelmä.

Parviainen T, Heikkilä M. Radiologiset tutkimusmäärät ja tunnusluvut. Raportissa: Servomaa A (toim.). Säteilyturvallisuus ja laadunvarmistus röntgendiagnostiikassa 1998. STUK-A152. Helsinki: Oy Edita Ab, 1998: 47-52.

Svedström E. Lasten ja nuorten tutkimukset terveyskeskuksissa. Raportissa: Servomaa A (toim.). Säteilyturvallisuus ja laadunvarmistus röntgendiagnostiikassa 1998. STUK-A152. Helsinki: Oy Edita Ab, 1998: 143-146.

Vesala H-H, Sintonen H, Soimakallio S. Terveyskeskusten radiologinen toiminta I: Tutkimusten määrä ja yksikkökustannukset. Suomen Lääkärilehti 1998; 1-2: 61-64.

LAADUNHALLINTA TERVEYSKESKUKSEN RÖNTGENTOIMINNASSA Case Toijala

Antti Laine
Toijalan kaupungin terveyskeskus

ISO 9001 laatujärjestelmä

Suunnittelun, tuotekehityksen, tuotannon, asennuksen ja huollon laadunvarmistusmalli

Standardi on tarkoitettu käytettäväksi silloin, kun toimittajan on varmistettava määriteltyjen vaatimusten mukaisuus suunnittelun, tuotekehityksen, tuotannon, asennuksen ja huollon aikana.

Standardit ovat yleisiä ja elinkeinoelämän sektorista riippumattomia. Organisaation vaihtelevat tarpeet, sen yksilölliset tavoitteet, toimitettavat tuotteet ja palvelut, prosessit ja sovellettavat erityiskäytännöt vaikuttavat laatujärjestelmän suunnitteluun ja toimeenpanemiseen. Standardeja tulee sovittaa erityisiin sopimustilanteisiin.

Soveltamisala

Standardia 9001 käytetään, kun on tarpeen osoittaa, että toimittaja kykenee suunnittelemaan ja toimittamaan vaatimusten mukaisen tuotteen. Ensimmäisessä pyritään saavuttamaan asiakkaan tyytyväisyys estämällä poikkeamat kaikissa vaiheissa suunnittelusta huoltoon asti. Tuote voi olla palvelu, tavartuote, prosessoitu materiaali, tietotuote tai näiden yhdistelmä. Tuote voi olla aineellinen tai aineeton tai tällaisten yhdistelmä.

Toijalan terveyskeskuksen laatujärjestelmä

Toijalan terveyskeskuksen sertifioitu ISO 9001 laadunhallintajärjestelmä kattaa kaiken terveyskeskuksen toiminnan.

- 4.1 Johdon vastuu
- 4.2 Laatujärjestelmä
- 4.3 Sopimuskatselmus
- 4.4 Tuotesuunnittelun ohjaus
- 4.5 Asiakirjojen ja tietojen hallinta
- 4.6 Hankinnat
- 4.7 Asiakkaan toimittamat osat
- 4.8 Tunnisteet ja jäljittäminen
- 4.9 Prosessin (tuotannon) hallinta
- 4.10 Tarkastaminen ja testaaminen
- 4.11 Tarkastus- ja testausvälineet
- 4.12 Tarkastustila
- 4.13 Poikkeavan tuotteen hallinta
- 4.14 Korjaavat ja ennalta ehkäisevät toimenpiteet
- 4.15 Käsittely, varastointi, säilyttäminen, pakkaaminen ja toimittaminen
- 4.16 Laatutiedostot
- 4.17 Sisäiset auditoinnit
- 4.18 Koulutus
- 4.19 Huolto

Kuvataan vastaava menettely päivystyspotilaitten suhteen.

Kuvien lausunta 8.8.4

Kuvataan sekä normaali että pikamenettely, miten kuvat toimitetaan konsultoivalle radiologillemme lausuttaviksi ja miten tiedot siirretään potilas-tiedostoon.

Vastaavasti todetaan hyvän työn laatukriteerit koskien terveyskeskuslääkärien katsomia röntgenkuvia.

Fertiili-ikäisten naisten tutkimukset 8.8.5

Kuvataan alavatsan tai lantion kuvauksissa mahdollisen raskauden toteamismenettely, röntgenhoitajan suorittama varmennusmenettely sekä varmennus kuvauksen tarpeellisuudesta. Samoin todetaan mammografia-tutkimusten suorittamisajankohta suhteessa kuukautisiin.

Ultraäänitutkimukset 8.8.6

Kuvataan konsultoivan radiologin tutkimusajat sekä aikataulusmenettely sekä mitä tutkimuksia hän suorittaa ja mitä ei suorita. Samoin kuvataan terveyskeskuslääkärin tutkimuslähetteen kirjoittamismenettely, ajanvarausmenettely sekä ohjeiden antamismenettely. Lisäksi kuvataan menettely tutkimustuloksen siirrosta potilastiedostoon.

Röntgenkuvien arkistointi 8.8.7

Kuvien arkistointi tapahtuu arkistosäännön mukaan. Kuvataan arkistointimenettely koskien meillä suoritettuja kuvauksia kuin myös potilaan mahdollisia omia tulosteita. Selostetaan kuvakuorien tunnistetiedot sekä arkiston järjestystiedot.

Röntgenkuvien lainaus 8.8.8

Kuvataan lainausmenettely samoin kuin menettely liittyen potilaan lähettämiseen toiseen hoito- tai tutkimuspaikkaan. Kuvataan lainauksen kirjaamismenettely samoin kuin lainattujen kuvien jäljittämismenettely.

Laadunvalvonta röntgenissä 8.8.9

Röntgenlaitteiden huolto ja röntgenissä käytettävät aineet 8.8.9.1

Kuvataan laitteiden huolto, huollon aikataulutus, kalibroinnit ja säädöt sekä tarkastusdokumentointi sekä koneen pesut ja suodattimien puhdistukset. Todetaan käyttömanuaali. Todetaan sopimuksen mukainen kehityskoneen huoltomenettely. Todetaan sensito- ja densitometrimittausmenetelmät ja niiden aikataulutus.

Kuvataan ultraäänilaitteiden huoltomenettely.

Kuvataan mammografialaitteen ja muiden säteilyä tuottavien laitteiden tarkastustiheys ja mittaushetket sekä määräaikaista huollosta vastaavien henkilöiden pätevyys suorittaa mittaukset ja antaa raportti.

Kuvataan kemikaalien säilyvyys, säilytys ja vastuuhenkilöt. Kuvataan kemikaalien vanhenemishälytysmenettely. Kuvataan röntgeniin tulevan viollisen tuotteen reklamaatiomenettely.

Laatupolitiikan toteutumista kuvaavat mittarit 8.8.9.2

Yleistä 8.8.9.2.1:

Kuvataan röntgenhoitajan asiakastyytyväisyys selvitysmenettely, kyselyn suuntaaminen ja yksilöllisen palvelun toteutumistavoite.

Kuvataan röntgenhoitajan teknisten laatukriteerien toteutumisseurantamenettely sekä tavoite (alle 10 uusintakuvausta vuodessa).

Kuvataan radiologin arviomenettely lausuttavien thx-, mammografia ja ls-rankakuvien teknisestä laadusta ja tavoite (tydyttävä-hyvä).

Kuvataan röntgenhoitajan seurantamenettely koskien palvelujen saatavuutta päivystyskuvauksissa sekä tavoite (yli tunnin odotusta ei kolmea kertaa useammin kuukaudessa).

Kuvataan röntgenhoitajan kuukausittainen ja neljännesvuosittainen taloudellisuusseurantamenettely ja tavoite (budjetoidussa pysyminen).

Hyvän työn laatuksiteerit seurantamenettelyineen 8.8.9.2.2:

Kriteeri:	Seurantamenettely:
1. Aikataulut pitävät	Seuranta tkp:lla
2. Asiakastyytyväisyys negatiivis-	Asiakaspalautteet, tavoite korkeintaan 2 ta/ kk
3. Röntgenkuvien tekninen olevista laatu hyvä	Radiologin kirjallinen arvio lausuttavana kuvista. Lääkäreillä palautelomakkeet
4. Röntgenkuvien tunnisteet asianmukaiset	Pistokoe sisäisten auditointien yhteydessä röntgen-vaunusta, 5 satunnaisesta kuoresta viimeisimmät kuvat
5. Röntgenkuvakuoren tunnisteet asianmukaiset	Pistokoe sisäisten auditointien yhteydessä röntgen-vaunusta, 5 satunnaisesta kuoresta
6. Palveluiden oikea-aikaisuus	Seuranta tkp:lla siitä, pääseekö päivystyspotilas rtg-tutkimukseen rtg-hoitajan virka-aikana tunnin sisällä
7. Kehitysprosessi kunnossa	Mittaukset ja seuranta ST 3.5 -ohjeen mukaiset. Dokumentit tarkastetaan sisäisten auditointien yhteydessä.

Röntgenin toimintaan liittyvät ohjeet 8.8.10:**Viiteohjeet 8.8.10.1**

Käsittää luettelon.

Menettelyohjeet 8.8.10.2

Käsittää ohjeet sisäisestä auditoinnista, perehdytyksestä, asiakirjojen käsittelystä, toimintavalmiuden lisäämisestä onnettomuuksien varalta, toimipisteen itse laatimat ohjeet, ohjeet uhka- ja väkivaltatilanteita varten sekä ohjeet verialtistuksessa.

Sijaismenettelyt 8.8.11

Kuvaa röntgenhoitajan sijaisensaantimenettelyn ja menettelyn siinä tapauksessa, että sijaista ei saada.

Kuvaa menettelyn uuden kuvausajan sopimisesta. Toteaa sijaisen pätevyyden.

Poikkeava tilanne 8.8.12

Poikkeava tilanne syntyy, kun röntgen- tai ultraäänilaitte ei toimi.

Kuvaa menettelyn laitteen korjaamiseksi, menettelyn varattujen aikojen peruuttamiseksi ja uusien aikojen sopimiseksi.

Poikkeava tilanne syntyy myös röntgenhoitajan tai radiologin äkillisestä poissaolosta.

Toteaa röntgenhoitajan osalta kohdan 8.8.11 kuvauksen ja radiologin osalta vastaavasti menettelyn uuden kuvausajan ja sen aiheuttamien toimenpiteiden suhteen.

Esimerkkikalvoja**Seurattavat laatumittarit**

Palveluiden oikea-aikaisuus ja saatavuus:

- 1) lääkäri pyytää uuden kuvan huonon teknisen laadun vuoksi
- 2) päivystyspotilas ei pääse ma-pe klo 8.00-14.30 tutkimukseen 1 tunnin sisällä

Poikkeavan toiminnan seuranta

1) ajat myöhässä

Röntgenkuvan laadunvarmistus

1) terveyskeskuslääkärin palaute

2) radiologin palaute

Yhteenveto asiakaspalautteista ja asiakaskyselyistä

Asiakastyytyväisyyskyselyt: syksy 1998

Asiakaspalautteiden erittely

01.01.1998 – 31.12.1998

LAADUNVARMISTUKSEN TOTEUTTAMINEN TERVEYSKESKUKSEN JA AMMATTI- KORKEAKOULUN YHTEISTYÖNÄ

Anja Kettunen¹ ja Marja Huovinen²

¹ Oulun seudun ammattikorkeakoulu/Sosiaali- ja
terveysalan yksikkö

² Oulun kaupunki/Sosiaali- ja terveystoimi

Taustaa

Laadunvarmistus radiologisella osastolla on laaja kokonaisuus, joka koostuu hoidon, lääketieteellisen sekä teknisen laadunvarmistuksen osa-alueista. Säteilylainsäädännön uudistuminen 1992 antoi alkusysäyksen teknisen laadunvarmistuksen toteuttamiselle järjestelmällisesti ja suunnitelmallisesti niin sairaaloissa, terveyskeskuksissa kuin oppilaitoksissakin. Oppilaitoksemme radiologinen yksikkö vastaa terveyskeskustasoa, jossa on panoraama-, mammografia-, bucky- ja thorax tutkimuslaitteet. Laadunvarmistusjärjestelmän luominen ja ylläpitäminen oli alusta alkaen tärkeää myös siksi, että oppilaitoksessamme tehdään potilastutkimuksia. Tämän vuoksi laadunvarmistus kokonaisuudessaan on ollut jatkuvan kehittämisen kohteena. Vuosien varrella olemme hankkineet laadunvarmistukseen liittyviä mittareita ja fantomeja niin, että voimme tehdä myös vuosittaiset mittaukset itse. Säteilyturvakeskus on tarkastanut ja hyväksynyt järjestelmämme.

Oppilaitoksella harjoittelu on rajallista johtuen ryhmäkoosta; yhdelle opiskelijalle ei ehdi tulla rutiinia. Opiskelijat ovat harjoitelleet laadunvarmistusta myös "oikeilla" röntgenosastoilla terveyskeskuksissa. Tämä on antanut uutta puhtia opiskeluun ja motivoinut opiskelijoita hankkimaan hyvät perusvalmiudet laadunvarmistuksen toteuttamiseen. Toisaalta terveyskeskuksissa työskentelevät röntgenhoitajat ovat saaneet uutta näkökulmaa laadunvarmistuksen toteuttamiseen, ajankohtaista tietoa ja lisäksi heidän työpanoksensa on näiltä osin säästynyt muuhun työhön.

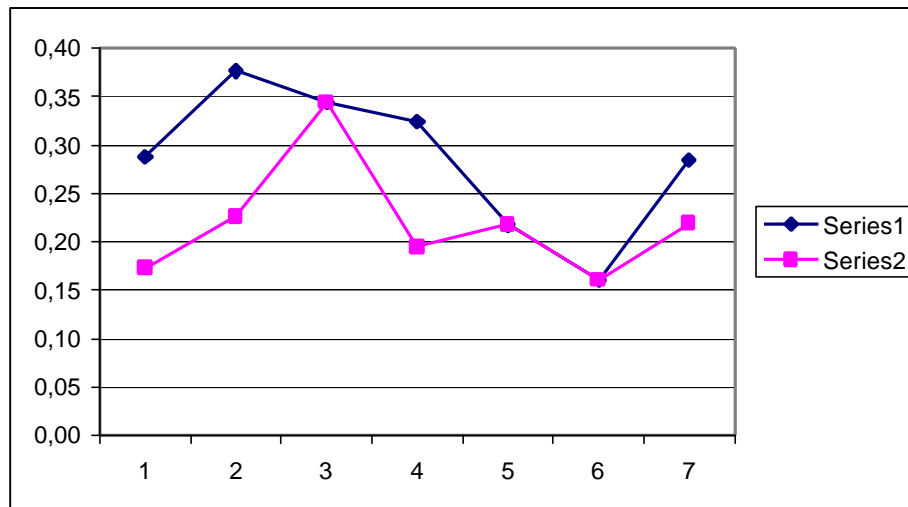
Yhteistyökumppaneinamme on ollut Oulun kaupungin terveyskeskus ja muutamia Oulun ympäristön kuntien terveyskeskuksia suppeammilla osa-alueilla. Potilaiden annoslaskennan osalta yhteistyö on ollut vielä laajempaa.

Lisäksi opiskelijat ovat tehneet päättöitä laadunvarmistuksen eri osa-alueilta ja mm. käsikirjan "Laadunvarmistuksen toteuttamisesta terveyskeskuksissa", jonka ylitarkastaja Markku Pirinen on tarkastanut.

Potilasannosten seuranta osana laadunvarmistusta

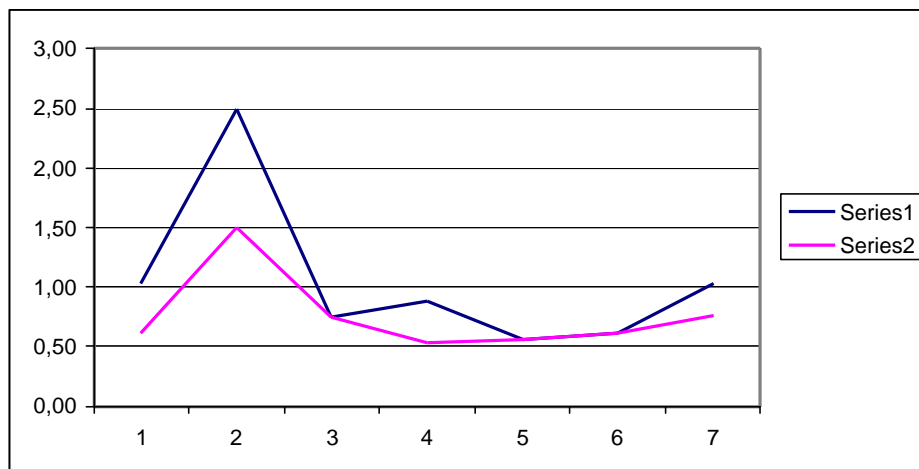
Laadunvarmistuksen toteuttamisen laajin ja pisin alue on tutkimusprofessori Simo Rannikon kanssa aloittamamme yhteistyö ESD:n määrittämiseksi 1994. Opiskelijat ovat keränneet harjoittelujaksoillaan potilastietoa eri paikoista ja määrittäneet ESD:n. Muutamissa paikoissa olemme tehneet laskelmia säännöllisesti ja laatineet ohjeet sekä piirtäneet säteilyntuotosta käyrät valmiiksi. Näillä tiedoilla röntgenhoitajien on helppoa jatkaa seurantaa itse. Ongelmana on edelleenkin mittauspöytäkirjojen erilaisuus ja puutteellisuus. Joissakin paikoissa STUKin mittauspöytäkirjat ovat hyvin vanhoja, jolloin perusteltua olisi käyttää uusinta, vuosittain tehtävää mittauspöytäkirjaa. Muutamat laitevalmistajat mittaavat kuitenkin säteilyntuoton vain parilla kV:lla, jolloin kuvaajan piirtäminen ja näin ollen säteilyntuoton määrittäminen muilla jännitteillä on mahdotonta. Silloin täytyy käyttää jotakin vanhaa mittauspöytäkirjaa. Toinen ongelma liittyy lisäsuodatuksen käyttöön: mittauspöytäkirjassa on säteilyntuotosta tiedot perussuodatuksella mitattuna. Mielestäni mittauspöytäkirjassa tulisi olla säteilyntuotto mitattuna eri lisäsuodatuksilla käyttöalueen mukaan; ts. jos 60 kV – 90 kV alueella käytetään 2 mmAl suodatusta, tuo alue tulisi olla mitattuna myös tuolla suodatuksella. Se vaatii mittaajalta muutaman ylimääräisen exponoinnin ja muutaman minuutin aikaa lisää. Lisäksi olisi yksinkertaisinta, jos säteilyntuoton mittauksissa käytettäisiin esim. 10 mAs:a, jolloin olisi helpointa laskea säteilyntuotto/mAs. Toivottavasti saamme tähän yhtenäisen käytännön pikapuoliin. Seuraavassa esimerkki ESD:n laskennasta.

ESD mGy



Kuva 1. Thx-pa tutkimusten ($n = 10$ potilasta / paikka) ESD:n (mGy) keskiarvot kuudella röntgenosastolla, kohta 7 on kaikkien keskiarvo. Sarjassa 2 on huomioitu käytetty lisäsuodatus (0,1 mmCu+ 1 mmAl) paikoissa 1, 2 ja 4.

ESD mGy



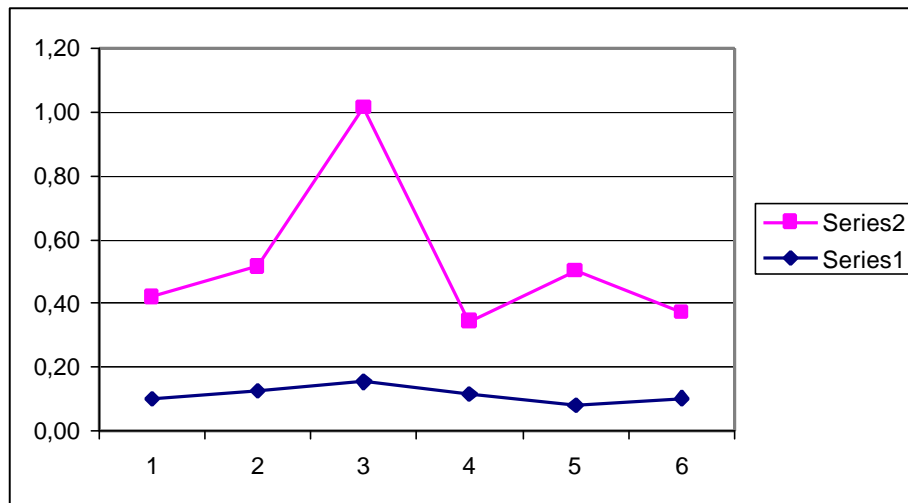
Kuva 2. Thorax-lat. tutkimuksessa ($n = 10$ potilasta / paikka) keskimääräinen ESD (mGy) kuudella röntgenosastolla, kohta 7 on kaikkien keskiarvo.

Sarjassa 2 on huomioitu paikoissa 1,2 ja 4 käytetty lisäsuodatus (0,1 mmCu + 1 mmAl).

Edellä olevissa kuvissa havaitaan, että kun paikoissa 1, 2 ja 4 on käytetty lisäsuodatusta 0,1 mmCu + 1mmAL, ESD laskee 40 %. Paikassa 5 on myös käytetty lisäsuodatusta, mutta siellä se on huomioitu säteilyntuoton mittauksen yhteydessä. Tämä on syytä muistaa niin ESD-määrityksessä kuin lisäsuodatuksen käyttöä laajemminkin pohdittaessa.

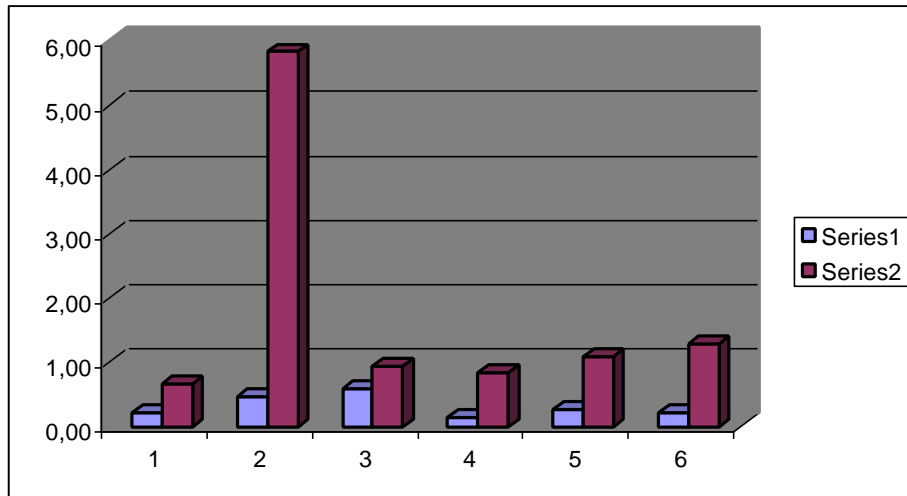
Alla olevissa kuvissa on nähtävillä ESD:n vaihtelut (minimi ja maksimi eri yksiköissä).

ESD mGy



Kuva 3. Minimi (sarja 1) ja maksimi (sarja 2) ESD:n vaihtelut thx-patutkimuksessakuudella röntgenosastolla.

ESD mGy



Kuva 4. Minimi- ja maximiarvojen vaihtelu thorax-lat. tutkimuksessa kuu-
della röntgenosastolla.

Kuvalaadun seuranta

Laadunvarmistuksen alkutaipaleilla ongelmana oli kuvanlaatufantomien puuttuminen. Kaupallisten fantomien hinta on useita tuhansia markkoja, joten hinta tuntui laman keskellä suurelta. Opiskelijoiden kanssa olemme tehneet fantomin ja sille käyttöohjeet muutamiin paikkoihin. Kontrastin määrittämiseksi vesikanisteriin on laitettu alumiiniliuskoja ja -rasteri. Erotuskyvyn mittaamista varten fantomissa voi viivaparirasterin tilalla olla vaikkapa tavallisia ompeluneuloja. Käyttöohje on syytä tehdä huolella, jotta sen perusteella olisi helppoa toistaa tilanne kerrasta toiseen samanlaisena. Fantomin asettelu kuvanottotilanteessa on syytä dokumentoida tarkasti, jotta kuvaustilanne pysyisi kerrasta toiseen samana. Esim. valotusautomaatin mittakentän paikka on syytä tiedostaa, jotta se ei vaihtelee; varsinkin, jos kuva otetaan automaattilla. Yleensä on syytä käyttää sitä työtapaa, joka on useimmiten käytössä. Olemme myös testanneet erilaisia fantomeja. "Vesikanisterin" ilmakuplat ovat ongelmallisia, mutta ainakaan toistaiseksi ei ole löytynyt riittävän tiukkaa sulkemismekanismia ilmakuplien poistamiseksi. Toisaalta, kun ongelma on tiedostettu, se on myös harmiton. Tärkeätä on katsoa, että kuvanlaatu kuva otetaan joka kerta täsmälleen samalla tavalla, samalle kasetille ja seurataan samalla myös kehitysprosessin kuntoa.

Valotusautomaatti

Valotusautomaatin toiminta on yleensä ongelmaton - silloin kun se toimii. Vesiastian tai erillisen fantomin avulla on helppoa mitata mittakenttien toiminnan tasaisuus; tuhlaamalla/käyttämällä muutamia röntgenfilmejä saadaan myös mittakenttien mustumaerot selville. Samoin on helppoa tutkia kV:n vaikutusta valotusautomaatin toimintaan, yhtäläillä kuin erilaisten foliovalintojen sekä + ja - -merkintöjen vaikutus mustumaan. Samalla käyttäjä saa käsityksen laitteensa toiminnasta ja ominaisuuksista. Opiskelija ymmärtää valotusautomaatin toimintaperiaatteet tätä kautta helpommin ja oppii myös käyttämään sen ominaisuuksia tarkoituksenmukaisesti.

Filmi-vahvistuslevy-yhdistelmän suhteellisen nopeuden mittaaminen

Viimeistään siinä vaiheessa, kun valotusarvoja joudutaan nostamaan/nostamaan vain joissakin tutkimuksissa, tulisi herätä epäily vahvistuslevyjen kulumisesta. Olemassa olevan vahvistuslevy-filmiyhdistelmän tai mahdollisesti hankittavan/hankitun yhdistelmän suhteellista nopeutta on hyvä vertailla: asetetaan verrattavat systeemit kulmikkain esim. neljä kasettia kerrallaan ja valotetaan yhdellä kertaa. Yksi kasetista on syytä pitää referenssinä mukana joka valotuksella. Näin normaali säteilyntuotossa ilmenevän poikkeaman mahdollisuus saadaan suljetuksi pois. Muutaman kerran esille on tullut huomattavia eroja suhteellisissa nopeuksissa (esim. eri aikoina hankitut vahvistuslevyt). Vahvistuslevyjen kulumisen saadaan myös selville tällä menetelmällä. Samoin uuden filmivahvistuslevy-yhdistelmän vertailu on osoittautunut hyödylliseksi, koska kaikesta huolimatta niissä voi olla eroja ja toisaalta on hyvä olla olemassa referenssiarvot seurantaan varten. Tällöin on aina syytä muistaa koko systeemin kirjaus ja laadunvarmistus.

Vahvistuslevyjen kunnon tarkistus

Visuaalisen tarkastuksen lisäksi oppilaitoksella on rasteri sekä "normaalien" että mammografiavahvistuslevyjen kontaktin tarkistamiseen. Olemme tarkistaneet vahvistuslevyjen kunnon useissa paikoissa. Mikäli rasteria ei ole käytössä, käyvät metalliset paperiliittimetkin. Vahvistuslevyjen tarkastus on hyvä suorittaa silloin tällöin ja kirjata tulokset ylös. Opiskelijat ovat suo-

rittaneet testausta kesätyöpaikoissaan ja aloittaneet näiltä osin laadunvarmistusta ko. paikassa.

Mammografiarasteria käytettäessä tulee selkeästi esille myös puhtauden merkitys; pieni lika/roska vahvistuslevyssä voi jättää mammografiakuvaan artefaktan. Pimiössä on syytä kiinnittää huomiota siisteyteen ja pölyttömyyteen.

Säteilyn tuoton ja jännitteen mittaus

Säteilyntuoton mittausta olemme tehneet muutamissa paikoissa lähinnä ESD:n laskemista varten. Opiskelijoiden oppimisen kannalta on erittäin arvokasta, kun mittaamalla voidaan selkeästi osoittaa, että säteilyn tuotto vaihtelee eri putkilla ja samalla putkella kerrasta toiseen; toisilla laitteilla enemmän, toisilla vähemmän. Samoin kuvausaika saadaan mitattua samalla kertaa. Oppilaitoksella on kV-mittari, jolla voi mitata jännitteen vaihtelut yli 55 kV:n alueella.

Pimiön tarkistus

Pimiön tarkistus on helppo tehdä, mutta se vie aikaa. Siksi se on ollut niitä osa-alueita, joita aloittelevakin röntgenhoitajaopiskelija kykenee tekemään. Olemme kehitelleet erilaisia "sapluunoita" ja kolikkotestejä sekä ohjeet testien tekemiseen. Esivalotetun filmin käytön merkitys tulee tässä tilanteessa erittäin selkeästi esille. Samalla röntgenfilmin ominaiskäyrän merkitys ja ymmärtäminen selkiytyy. Yleensä pimiöissä on jonkin verran pieniä valovuotoja, mutta keskimääräisen (alle 2 minuutin) filmin käsittelyajan suhteen ne eivät ole aiheuttaneet ongelmia.

Muita laadunvarmistukseen liittyviä mittauksia

Hilan ja valotaulujen testausta olemme tehneet lähinnä oppilaitoksella. Olemme tehneet myös eräälle yritykselle uuden hilaallin testausta ja arvioineet sen käyttöä. Hilan testausta varten olemme tehneet lyijyesiliinasta rei'itetyn testikappaleen, jonka avulla on helppo katsoa hilan suoruus ja vaikkapa heel-efekti.

Valotaulujen testausta on ollut oppilaitoksella, koska olemme lainanneet optometriasta lux-mittaria tarkoitusta varten. Toisaalta terveyskeskuksista

löytyy lux-mittari työterveysasemalta valotaulujen mittaamista varten. Kaikki valotaulut, myös terveyskeskuslääkäreiden huoneista, on syytä mitata silloin tällöin ja tulos kannattaa kirjata ylös. Se voi olla aikaa vievää, mutta kuvanlaadun kannalta varmasti kannattavaa.

Lomakkeiden kehittäminen ja kirjaaminen

Oppilaitoksella olemme pyrkineet kehittämään lomakkeita laadunvarmistuksen kirjaamista varten. Selkeät ohjeet ja ymmärrettävä kirjaus ovat perusedellytykset, koska laadunvarmistusta tekee niin monta eri ihmistä. Lomakkeemme ovat olleet "vapaasti" saatavilla. Oppilaitoksella on ollut neljä "Teknisen Laadunvarmistuksen" koulutusjaksoa. Niille osallistuneet ovat tuoneet omia ideoitaan ja vieneet meidän malliamme ja näin kirjaamiskäytäntöä saadaan kehitettyä. Jokaisen tutkimushuoneen läheisyydessä tulisi olla kansio, jossa ko. huoneen laitteita koskevat laadunvarmistustiedot ovat. Samoin siellä tulisi olla tutkimustelineistä tiedot hilasta, fokuskoosta, suodatuksesta jne. Samaa kansioon voidaan laittaa myös säteilyn tuotosta kuvaaja ja huoneessa tehtävistä tutkimuksista annostiedot.

Kokemukset yhteistyöstä

Yksi tärkeimmistä asioista on ollut kokemusten ja tiedon vaihto yhteistyökumppaneidemme kanssa - puolin ja toisin. Palaute ja materiaali opintopäiviltä leviää laajemmalle ja keskustelu on reflektoinnin jälkeen antoisaa. Uudet ideat saadaan testattua nopeammin ja sitä kautta tapahtuu kehitystä. Hukkafilmiseuranta lyhyellä ajanjaksolla ja siihen liittyvä analyysi on antanut opiskelijoille paljon tietoa ja toisaalta säästänyt henkilökunnalta aikaa. Opiskelijat ovat kokeneet laadunvarmistuksen tekemisen terveyskeskuksessa haasteellisena ja motivoivana.

Opiskelijoiden tekemänä laadunvarmistus vaatii hiukan enemmän aikaa, voi viedä pari ylimääräistä röntgenfilmiäkin, mutta samalla säästää henkilökunnan aikaa. Näissä tilanteissa korostuu kirjallisten ohjeiden ja kirjaamisen merkitys; kaikki täytyy olla tarkasti kirjattuna, muuten seuraava ei ymmärrä mitä on tehty. Samaa pätee myös tilanteeseen, jolloin vakituinen röntgenhoitaja syystä tai toisesta on poissa sijaisen tullessa jatkamaan työtä.

Röntgenosaston henkilökunnalla on aina oltava tieto siitä, mitä tehdään. Laadunvarmistusmittausten jälkeen raportointi on oleellinen osa: suullinen raportti kirjallisten dokumenttien lisäksi. Havaituista muutoksista ja mahdollisesti toimenpiteitä aiheuttavista havainnoista keskustellaan yhdessä henkilökunnan kanssa. Analyysin tekeminen kuuluu oleellisesti opiskeluun ja muutoksen aiheuttaneiden syiden etsiminen on tuottanut monta hyvää

tuotosta käytännön tarpeita varten. Niistä sekä röntgenhoitajat että opiskelijat ovat saaneet materiaalia ja kokemuksia tulevaisuutta varten. Alueellamme on laajalti mielenkiintoa ja taitoa laadunvarmistuksen toteuttamiseen; aika voi olla rajoittava tekijä. Toisaalta määrätietoisella laadunvarmistuksella saavutetaan myös ajansäästöä. Laadunvarmistuksen hallinta vaatii paljon tietoa ja taitoa tekijältään; siksi terveyskeskuksissa tarvitaan ammattitaitoisia röntgenhoitajia tekemään laadukkaita röntgentutkimuksia.

Oheiskirjallisuutta

International Commission on Radiological Protection. Protection of the patient in diagnostic radiology. ICRP publication 34. Oxford: Pergamon Press, 1982.

International Commission on Radiological Protection. Recommendations of the International Commission on radiological protection. ICRP Publication 60: Oxford: Pergamon Press, 1990.

International Commission on radiological Protection. Summary of the current ICRP principles for protection of the patient in diagnostic radiology. ICRP Publication. Oxford: Pergamon Press, 1993.

Kettunen A. Potilaan säteilylatistus eräissä röntgentutkimuksissa. Pro gradu -tutkielma. Oulun yliopisto, 1996.

Rannikko S. Potilasannoksen määrittäminen laskennallisesti. "Laadunvalvonnan käytännön toteuttaminen" -seminaari 14. - 15.4.1994. Säteilyturvakeskus 1994.

Säteilyturvakeskus. Säteilytoiminta ja sen valvonta. ST-ohje 1.1. Helsinki: Oy Edita Ab, 1996.

Säteilyturvakeskus. Lääketieteellisten röntgentutkimuslaitteiden ja röntgenfilmien kehityksen laadunvalvonta. ST-ohje 3.5. Helsinki: Valtion painatuskeskus, 1991.

Thompson M, Hall J, Hattaway M, Dowd S. Principles of imaging science and protection. Philadelphia: W.B.Saunders Company, 1994.

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. Report to the general assembly with scientific annexes. New York: United Nations, 1993.

KOKEMUKSIA TERVEYSKESKUSTEN LAADUNVARMISTUKSESTA LAPIN SAIRAANHOITOPIIRIN ALUEELLA

Seppo Suvanto
Lapin keskussairaala

Uuden toiminnan aloittaminen on aina työlästä; varsinkin tällaiset terveyskeskuksiin ulottuvat laadunvarmistuskäynnit. Terveyskeskuksia on sairaanhoitopiirissämme kaikkiaan 13 kappaletta ympäri Lapin läänin. Etäisin terveyskeskus sijaitsee Rovaniemeltä 300 kilometrin päässä. Vuonna 1988 päästiin kuitenkin aloittamaan, ja ensimmäiseksi kohteeksi valittiin terveyskeskus, jonka röntgensaneluun lähettämässä kuvissa oli paljon toivomisen varaa.

Ensitutustuminen oli kulttuurishokki.

Kehitysnopeuden mittaaminen sujui, mutta kilovoltin ja kuvausajan mittaaminen Medset-kasetille tuotti ongelmia. Kilovoltit olivat valuneet alas ja kuvausajat olivat tämän johdosta liian pitkiä. Pieniä kilovoltteja en uskaltanut edes mitata, sillä pelkäsin laitteiston hajoavan.

Terveyskeskusten röntgenhoitajat olivat tietoisia kuvanlaadustaan. Negatiivista palautetta oli tullut mm. keskussairaalasta. Röntgenhoitajat olivat yrittäneet talon sisällä saada parannuksia aikaan, mutta huonolla menestyksellä. Röntgenkuvat olivat terveyskeskuslääkärin mielestä tyyliä: ”kyllä näistä vielä näkee...”

Vioista ja puutteista laadin kirjallisen raportin ja tämän avulla painostettiin terveyskeskusten johtoa korjauttamaan ja uusimaan laitteistoa. Röntgenlähetettäkin pidettiin välttämättömänä!

Seuraavilla reissuilla lisäksi tarkastettiin pimiöt; suojavalot, valovuodot, ilmastointi, filmilaatikot mm. Testattiin kasetit; huonot ja hitaat kasetit pantiin heti roskeen. Yksittäisten halpojen kasettien ostaminen kiellettiin. Tuloja alkoi pikkuhiljaa näkyä. Huoltomiehet alkoivat kiertää ja vanhaa ka-

lustoa entisöitiin tai uusittiin. Ostettiin uusia röntgenlaitteita, kehityskoneita, kasetteja, hiloja ja saneerattiin röntgeneitä.

Sitten panostettiin laaduntarkkailuun. Rahaa oli kulunut liikaa! Tämä ymmärrettävästi aiheutti kitkaa terveystieteiden hallinnon kanssa. Minä sain tuhlaajapojan maineen! Alku oli ollut kuitenkin lupaava. Kustannusten sääntämiseksi sovittiin, että 2 - 3 terveystieteen lyöttäytyvät yhteen ja hankkivat yhteiset laaduntarkkailuvälineet: densitometrin, sensitometrin, lämpömittarin yms. Tästä alkoi terveystieteiden välille kehittyä tehokas yhteistyö. Laaduntarkkailuvälineet kulkevat terveystieteen keskuksista toiseen. Lähetteinä toimivat pääosin ambulanssihenkilökunta. He ovat huolehtineet esimerkiksi kaikista kuljetuksista, jotta yhteistyömme sujuisi parhaalla mahdollisella tavalla.

Kun välineet oli saatu kulkemaan, alkoi tietokin kulkea terveystieteiden välillä. Prosyyreja, tietoja, filmejä yms. vaihdellaan ja ongelmia ratkotaan yhdessä. Yhteistyö eri terveystieteiden välillä lähensi röntgenhoitajia keskenään. Tuttujen kesken on helpompi keskustella yhteisistä ongelmista luottamuksellisesti.

Nyt oli päästy jo niin pitkälle, että alettiin yhtenäistämään työtapoja.

Testattuani omilla testifilmeillä eri terveystieteiden kehityskoneiden kehitysnopeuksia huomasin ylisuuret nopeuserot. Kehitysprosessia alettiin penkoa perusteellisemmin; tuoreuksia, lämpötiloja, vedenkulutusta, telojen ja altaiden kuntoa, mikserien kuntoa yms.

Tämä osoittautui varsinaiseksi työmaaksi, sillä erot olivat ensi alkuun todella suuret.

Kun kehitysprosessit saatiin suurin piirtein haarukkaan, oli meidän mahdollista vertailla röntgenlaitteita keskenään. Eri terveystieteen keskuksissa otin omasta fantomistani kuvan samoilla kuvausarvoilla. Ihmeteltiin yhdessä, miksi samoilla kuvausarvoilla eri paikoissa tuli niin erilaisia kuvia. Vikakorjausten yhteydessä huoltomiesten kanssa tätä ongelmaa alettiin purkaa. Tämä prosessi meillä on edelleen meneillään.

Huoltotoiminta kehittyi

Vuosittaisen huoltosopimuksen piiriin saatiin viime vuonna liitettyä viimeinenkin terveyskeskus. Yksittäiset vikakeikat ovat vähentyneet minimiin. Sovittiin samalla huoltofirmojen tekemistä kimppahuolloista matkakustannusten ja ajan säästämiseksi.

Koulutustakin on järjestetty. Lapin sairaanhoitopiirin alueella järjestettiin alueellinen koulutuspäivä röntgenteknisestä laadunvarmistuksesta viimeksi vuonna 1998. Terveyskeskusten ja keskussairaalan välistä yhteistyötä tiivistettiin.

Sovittiin yhteisistä työtavoista; koko sairaanhoitopiirissämme röntgenhoitajat työskentelevät suurissa asioissa samalla hyväksi todetulla tavalla:

- samat kilovoltit eri kuvauskohteissa
- samanlaiset kuvausprojektiot
- samat kuvausetaisyydet
- sama kehityskoneen kehitysnopeus
- samanlainen työtap

Mitä etuja olemme yhteistyöllämme saavuttaneet?

- Röntgenkuvat ovat samantasoisia ja samanlaisia sairaanhoitopiirimme alueella. Tämä on tärkeää teleradiologiassa terveyskeskusten ja keskussairaalan välillä.
- Kehityskoneongelmissa vian löytäminen on helpompaa, kun koko sairaanhoitopiirissämme käytetään samanlaista laaduntarkkailukaavaketta, jonka kaikki tuntevat. Filmit on jopa mahdollista kehittää toisessa terveyskeskuksessa ongelmatilanteessa, sillä niin lähellä kehitysnopeudet eri terveyskeskuksissa ovat toisiaan.
- Samanlainen työtap säteilysuojelussa ja potilaan käsittelyssä luo turvallisuutta ja voidaan keskittyä olennaiseen; mahdollisimman hyvään potilaan hoitoon.

RÖNTGENTOIMINTA ERI MAISSA

Antti Servomaa
Säteilyturvakeskus

YK:n tieteellinen komitea UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) kerää ja raportoi säännöllisin välein eri maiden röntgentoimintaa koskevia tilastotietoja (UNSCEAR 1993). Tietoja on kerätty 1970-luvulta lähtien, ja viimeisimmät alustavat tulokset ovat vuosilta 1990 – 1996 (UNSCEAR 1998). Tilastoista nähdään röntgentoiminnan kehityssuuntia ja yksittäisten maiden tilanne. Röntgentoimintaa kuvataan radiologien, röntgenlaitteiden ja röntgentutkimusten määrällä ja potilasannosten suuruudella. Nämä vertailuluvut auttavat näkemään oman maan röntgentoiminnan laajuuden suhteessa muihin maihin. Suuret poikkeamat keskiarvosta kiinnittävät huomiota ja antavat aiheen syiden selvittämiseen.

Taulukossa I on esitetty röntgentoiminnan kehitys radiologien, röntgenlaitteiden ja tutkimusten määrällä mitattuna teollisuusmaiden keskiarvoina 1970 – 90-luvuilla (UNSCEAR 1993 ja 1998). Radiologien määrä on kasvanut 1990-luvun alussa voimakkaasti. Siihen on osittain saattanut vaikuttaa tilastointitapa. Röntgenlaitteiden määrä on lievästi vähentynyt 1970 – 80-luvuilla, minkä jälkeen se näyttää vakiintuneen tietylle tasolle. Tutkimusmäärissä ei ole tapahtunut muita oleellisia muutoksia kuin tilapäinen kasvu vuosina 1985 – 89.

Taulukossa II on esitetty röntgentoiminnan laajuus useissa Euroopan maissa ja USA:ssa. Tiedot on saatu vuoden 1993 UNSCEARIN raportista. Tunnuslukujen avulla voidaan verrata Suomen tilannetta EU-maihin, ja teollisuusmaiden keskiarvoon.

Taulukko I. Röntgentoiminnan laajuus teollisuusmaissa 1970 – 1990-luvuilla.

Määrä tuhatta asukasta kohti			
v. 1970 – 1974	v. 1980 – 1984	v. 1985 – 1989	v. 1990 – 1996*

Radiologit	0,062	0,076	0,072	0,12
Röntgenlait- teet	0,45	0,38	0,35	0,35
Tutkimukset	820	810	890	797
* alustavat tiedot UNSCEAR 1998 –raporttiluonnoksesta				

Radiologien määrä

Liian pieni radiologien määrä saattaa merkitä, että diagnoosit tekee joku muu kuin radiologi. Radiologien määrä Suomessa on tässä taulukossa selvästi suurin kaikista taulukon II maista. Alustavien tilastotietojen mukaan radiologien määrä on 90-luvulla hiukan kasvanut useimmissa Euroopan maissa. Suomen osalta radiologien määrä on viimeisimmän tilaston mukaan 0,11 radiologia 1000 asukasta kohti, mikä on hyvin lähellä teollistuneiden maiden keskiarvoa (0,12 radiologia 1000 asukasta kohti) 90-luvulla. Se on samaa suuruusluokkaa kuin muissa Pohjoismaissa Tanskaa lukuunottamatta, jossa on selvästi muita pohjoismaita vähemmän radiologeja. Vähiten radiologeja asukasmäärää kohti on Englannissa.

Laitemäärät

Jos röntgenlaitemäärä on suuri, voi se merkitä laitteiden vajaakäyttöä. Se voi myös merkitä houkutusta tarpeettomiin tutkimuksiin. Jos laitekanta on vanhaa, se voi merkitä korkeita potilasannoksia. Alustavien tilastotietojen mukaan laitemäärä on 90-luvulla hiukan laskenut useimmissa Euroopan maissa. Suomen osalta laitemäärä on viimeisimmän tilaston mukaan 0,31 laitetta 1000 asukasta kohti (UNSCEAR 1998), mikä on hiukan pienempi kuin teollistuneiden maiden keskiarvoa (0,35 laitetta 1000 asukasta kohti) 90-luvulla. Englannissa on suhteessa vähiten röntgenlaitteita. Alustavien tietojen mukaan Japanissa on poikkeuksellisen paljon laitteita asukasmäärää kohti (0,62 laitetta 1000 asukasta kohti) (UNSCEAR 1998).

Tutkimusmäärät

Jos tutkimusmäärä on suuri, se voi merkitä, että myös turhia tutkimuksia tehdään paljon. Jos tutkimusmäärä on pieni, se voisi merkitä, että röntgenpalveluja ei ole riittävästi tarjolla. Tästä ei liene kyse ainakaan Euroopan alueella.

Alustavien tilastojen mukaan tutkimusmäärät ovat useissa maissa hiukan kasvaneet, vaikka teollisuusmaiden keskiarvo onkin pysynyt samana. Viimeisimmän tutkimusmääräselvityksen mukaan Suomessa tehdään noin 820 tutkimusta 1000 asukasta kohti vuodessa (Servomaa, Heikkilä ym. 1999). Se on lähellä teollisuusmaiden keskiarvoa. Pohjoismaihin verrattuna Suomen tutkimusmäärät ovat selvästi suurimmat. Suurimmat tutkimusmäärät ovat

Saksassa ja Ranskassa, pienimmät Englannissa ja Tanskassa. Alustavien tietojen mukaan Japanissa on poikkeuksellisen suuri tutkimusmäärä (1477 tutkimusta 1000 asukasta kohti).

Taulukko II. Röntgentutkimustilastoa eri maista (UNSCEAR 1993).

Maa	Radiologit /1000 kasta	Röntgenlait- teet /1000 asukasta	Tutkimusmää- rät /1000 asukasta	Efektiivinen annosekviva- lenti/asukas (mSv)
Teollisuusmaat	0,072	0,35	860	1,0
Pohjoismaat				
Suomi	0,19	0,43	870	0,7
Ruotsi	0,11	0,24	520	0,6
Norja	0,08	0,52	620	0,6
Tanska	0,05	0,35	510	0,7
Islanti	0,10	0,27		
Muut EU-maat				
Englanti	0,03	0,20	460	0,4
Saksa	0,05		1030	1,0
Ranska		0,35	990	1,6
Hollanti	0,05	0,21	530	0,3
Belgia	0,10		1290	
Italia		0,30	740	0,8
Espanja	0,04	0,23	570	0,8
Portugali	0,03		700	0,5
Luxemburg	0,06	0,39	810	
Muut Euroopan maat				
Venäjä	0,12	0,22	990	1,2
Puola	0,04	0,18	660	0,8
Tšekkoslovakia	0,09	0,20	920	0,6
USA	0,05	0,44	800	0,4

Potilasannokset

Jos röntgentutkimuksista aiheutuva potilasannos asukasta kohti on korkea, se merkitsee, että tutkimustekniikassa on paljon optimoitavaa. Efektiivisen annoksen keskiarvoissa asukasta kohti eri maissa on suuria eroja. Suomi sijoittuu taulukon I annosvertailussa pohjoismaiden kanssa samaan tasoon. Viimeisimmät annos selvitykset Suomessa osoittavat kuitenkin keskiarvon olevan noin 0,5 mSv (Rannikko, Karila ym. 1997), joten Suomi sijoittuisi tällä

annoksella jakauman alapäähän sekä pohjoismaiden että EU-maiden joukossa. Suomen annostaso on selvästi alempi kuin teollisuusmaiden keskiarvo. Tilastotietoja 90-luvun kehityksestä ei ole vielä käytettävissä. Suuret potilasannokset ovat erityisesti Ranskassa ja pienet potilasannokset Englannissa ja Hollannissa. Alustavien tietojen mukaan Japanin potilasannos on poikkeuksellisen suuri, yli 7-kertainen pienimpään annokseen (Hollanti) verrattuna. Japanin suuri annos selittyy ainakin osaksi tietokonetomografiatutkimusten suurella lukumäärällä.

Lähialueet

Mitä tapahtuu rajojemme läheisyydessä idässä ja etelässä? Suomen itäraja on paitsi valtakunnanraja myös EU:n itäraja, jonka pituus on jopa 1300 km. Kuvassa 1 on esitetty Ulkoasianministeriön mukaan Suomen lähialueyhteistyökohteet, joihin kuuluvat Viro, Latvia, Liettua sekä Venäjän federaation luoteiset alueet Murmanskin alue, Karjalan tasavalta, Leningradin alue ja Pietarin kaupunki (Ulkoasiainministeriö 1999). Lähialueyhteistyövyöhyke muodostaa yhtenäisen alueen Suomen itä- ja eteläpuolella. Baltian maiden tilanteesta parhaiten tunnetaan Suomessa röntgentoiminta Virossa. Siellä on käynnissä voimakas röntgentoiminnan uudistuminen, laitekantaa uudistetaan ja alan koulutusta pyritään järjestämään säännöllisesti. Välittömästi itärajan takana on Karjalan tasavalta, jonka väestömäärä on noin 770 000 ja pinta-ala noin puolet Suomen pinta-alasta pääkaupunkina Petroskoi. Karjalan tasavallan pohjoispuolella on Murmanskin alue, jossa itse Murmanskin kaupungissa on lähes 500 000 asukasta. Karjalan tasavallan eteläpuolella on Pietari, jonka väestömäärä esikaupunkialueineen on noin 5 miljoonaa. Pietarin ympärillä olevaan Leningradin vastuualueeseen kuuluu noin 80 000 asukkaan Viipuri. Kokonaisuudessaan Suomen rajan läheisyydessä Venäjällä elää noin 7 - 8 miljoonaa asukasta. Venäjän tilasto ei varmaankaan anna todellista kuvaa eri tasavaltojen röntgentoiminnasta, vaan voi vaihdella huomattavasti. Meillä ei ole käytettävissämme näiden alueiden röntgentoimintaa kuvaavia lukuja. Ilmeisiä kehitystarpeita näillä alueilla on ja lähialueyhteistyö asettaakin Suomelle haasteita myös lääketieteellisen säteilynkäytön alueella.

Yhteenveto

UNSCEARIN tiedot ovat pääosin vuosilta 1985 - 1990 sekä alustavat tulokset vuosilta 1990 - 1996. Täysin vertailukelpoista tilannetta on vaikea saada,

koska saman ajanjakson tietoja ei ole saatavilla kaikista maista. Vertailuluvut eivät ole ajan tasalla, koska tiedot tulevat pitkällä viiveellä. Uusimpien tilastojen valossa Suomi sijoittuu radiologien, röntgenlaitteiden ja tutkimusten määrässä lähelle teollisuusmaiden keskiarvoa, mutta potilasannoksessa selkeästi sen alapuolelle. Suomen osalta viimeisimmät tunnusluvut ovatkin muuttuneet lähinnä potilasannoksen osalta myönteiseen suuntaan. Yksittäisistä maista Saksassa, Ranskassa ja Japanissa on huomattavan suuret röntgenlaite- ja tutkimusmäärät ja potilasannokset. Vastaavasti Englannissa ja Hollannissa on matalat röntgenlaite- ja tutkimusmäärät sekä pienet potilasannokset. Suomi ja Viro ovat tehneet yhteistyötä säteilyturvallisuuden, laadunvarmistuksen ja koulutuksen parantamiseksi. Muiden lähialueiden tilanne on tuntematon.

Kuva 1. Lähialueyhteistyökohteet (UM:n raportti)**Viitteet**

Rannikko S, Karila KTK, Toivonen M. Patient and population doses of x-ray examinations in Finland. STUK-A144. Helsinki: Oy Edita Ab, 1997: 1 - 59.

Servomaa A, Heikkilä M, Parviainen T, Ilus T. Frequency of x-ray examinations in Finland 1995. ECR'99. Scientific Programme and Abstracts, supplement 1 to Vol. 9 European Radiology 1/1999. European Congress on Radiology, March 7-12, 1999. Vienna, Austria.

Ulkoasiainministeriö. Tausta-aineistoa lähialueyhteistyöstä vuodelta 1998 - raportti. Helmikuu 1999.

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 1993 Report to the General Assembly, with annexes. New York: United Nations, 1993.

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. General assembly. Medical radiation exposures. United Nations, 18. February 1998. (Preliminary report)

POTILASANNOS ANGIOGRAFIA-TUTKIMUKSISSA

**Antti Servomaa¹, Kalevi Kiviniitty², Sami Leinonen²,
Minna Heikkilä¹, Teuvo Parviainen¹, Tuomo Komppa¹,
Taina Ilus¹**

¹Säteilyturvakeskus, ²Oulun yliopistollinen sairaala

Johdanto

Suuret potilasannokset toimenpideradiologiassa, angiografiatutkimuksissa ja muissa kompleksisissa läpivalaisututkimuksissa muodostavat ongelma-alueen säteilysuojelussa. Pitkistä läpivalaisuajoista ja suurista annosnopeuksista aiheutuu potilaille huomattava säteilyannos ja stokastinen säteilyriski. Näissä tutkimuksissa ja toimenpiteissä myös henkilökunnan työperäinen säteilyaltistus on suurempi kuin muussa lääketieteellisessä säteilynkäytössä.

Annoksen ja pinta-alan tulo (pinta-ala-annos) kuvaa potilaan saamaa säteilyaltistusta, mutta ei ota huomioon kohteena olevien elinten säteilyherkkyyttä. Se on hyvä vertailusuure ja indikaattori laadunvarmistuksessa, kun verrataan saman tutkimuksen potilasannoksia eri tutkimuspaikkojen välillä. Eri tutkimusten väliseen vertailuun soveltuu paremmin efektiivinen annos, joka on säteilyriskiin verrannollinen, elinannosten perusteella määritelty suure. Tavanomaisissa tutkimuksissa kuvausgeometria hallitaan hyvin ja efektiivinen annos voidaan laskea, kun säteilytysparametrit tunnetaan. Läpivalaisututkimuksissa saattaa niin moni tekijä muuttua tutkimuksen aikana, ettei niitä käytännössä voi kirjata. Tällöin ei myöskään efektiivistä annosta voi tarkasti laskea. Läpivalaisututkimuksen aikana voivat muuttua kentän paikka ja koko, kuvausetaisyys ja projektio, putkivirta ja jännite, ja tutkimuksen eri vaiheissa voidaan myös ottaa useita röntgenkuvia. Tutkimuksen jälkeen pinta-ala-annosmittari näyttää sen aikana kertyneiden pinta-ala-annosten summaa. Pinta-ala-annoksen perusteella voidaan efektiivinen annos arvioida käyttämällä sopivia muuntokertoimia. Pinta-ala-annosmittari on tällä hetkellä ainoa tehokas menetelmä kompleksisten läpivalaisututkimusten potilasannosten mittaamiseksi. Potilasannosmittauksia

on toistaiseksi tehty melko vähän, mutta pinta-ala-annosmittareiden määrä Suomessa on lisääntymässä ja niitä käytetään jo useissa sairaaloissa.

EU:n lääketieteellistä säteilynkäyttöä koskevassa direktiivissä (Neuvoston direktiivi 1997) otetaan selkeästi kantaa potilasannoksiin (Servomaa 1998). Direktiivi edellyttää referenssiannosten asettamista eri tutkimuksille. Eräille tavanomaisille röntgentutkimuksille (esim. kallon, rintakehän ja lannerangan kuvauksille) EU on jo määritellyt referenssiannokset erikseen aikuisten ja lasten tutkimuksia varten (European Commission 1996a, 1996b), ja niiden määrittelyä jatketaan. Läpivalaisututkimuksia koskevien referenssiannosten määrittely kestää vielä kauan. Ensin on kerättävä riittävästi mittaustuloksia eri sairaaloista valtakunnallisten vertailuarvojen määrittämiseksi.

Tässä artikkelissa tarkastellaan tutkimusmääriä, tutkimustekniikkaa ja potilaiden saamia säteilyannoksia yhden angiografiahuoneen tutkimuksissa Oulun yliopistollisessa sairaalassa (OYS:ssa). Potilasannoksia myös verrataan kirjallisuudessa raportoituihin annoksiin. Taulukossa I on esitetty aikuisten ja lasten angiografiatutkimusten määrät eri tyyppisissä sairaaloissa Suomessa vuonna 1995 (Servomaa 1997). Angiografiatutkimuksia tehdään vuosittain noin 45000. Lasten osuus angiografiatutkimuksista on hyvin vähäinen.

Potilasannosmittaukset

Potilasannosmittaukset tehtiin OYS:n radiologian klinikan yhdessä angiografiahuoneessa vuosina 1995 - 1997 (taulukko II). Röntgenlaitteistoon kuuluu Polydörös 80 -generaattori ja Siemens Polytron 100VR -digitaaliangiografialaitteisto, jossa on alaputki.

Potilasannokset mitattiin pinta-ala-annosmittarilla (Diamantor, PTW, Freiburg), joka tulosti pinta-ala-annoksen lisäksi kuvaus- ja läpivalaisujännitteen ja läpivalaisuajan. Läpivalaisusta ja kuvauksesta aiheutuvia annoksia ei tällä mittarilla voinut erotella toisistaan. Sairaalan pinta-ala-annosmittari kalibroitiin potilasannosmittauksissa käytetyllä röntgenlaitteella sellaisille säteilylaaduille, joita tyypillisesti käytetään angiografiatutkimuksissa. Referenssimittarina käytettiin Säteilyturvakeskuksen mittanormaallilaboratoriossa kalib-

Taulukko I. Angiografiatutkimukset eri sairaaloissa Suomessa vuonna 1995.

Sairaala	Tutkimuksia vuodessa	
	Lapset (alle 16 v)	Aikuiset
Yliopistosairaalat	250	16900
Keskussairaalat	20	13 700
Aluesairaalat	-	4800
Terveyskeskukset	-	2050
Yksityiset klinikat	-	7900
Yhteensä	270	45350

roitua säteilymittaria (MDH 1015, MDH Industries, inc.). Kenttäkoosta, kuvausjännitteestä ja suodatuksesta riippuen kalibrointikerroin vaihteli välillä 0,7 - 0,8. Potilaspöydän vaimennus, joka riippuu myös säteilykeilan tulokulmasta, oli hiukan yli 20 %.

Eri tutkimuksissa on potilaspöydän vaimennukseksi mitattu 20 % (McParland 1998) ja 27 % (Ruiz Cruces 1998). McParland arvioi pinta-ala-annosmittarin kalibrointikertoimen epätarkkuuden olevan noin 4 %, mikä koostui ionisaatiokammion kalibrointikertoimen epätarkkuudesta (1 %), energiariippuvuuden epätarkkuudesta (2 %) ja kenttäkoon määrittelyn epätarkkuudesta (2 %). Tavoitteeksi on asetettu, että pinta-ala-annosmittarin näyttämän kokonaisepätarkkuus olisi enintään 25 % (IEC 1977, National Protocol 1992). Yksinkertaisella kalibrointimenettelyllä voidaan päästä alle 15 %:n kokonaisepätarkkuuteen (Gfirtner 1997). Myös OYS:n tutkimuksissa pinta-ala-annosmittarin kalibrointikertoimen epätarkkuus oli samaa luokkaa. Referenssimittarin kokonaisepätarkkuus oli noin 5 % ja kenttäkoon määrittelyn epätarkkuus röntgenosastolla noin 10 %. Muut epävarmuustekijät olivat vähäisempiä, koska kalibroinnissa käytettiin samaa röntgenlaitetta ja samoja säteilylaatuja kuin potilaiden tutkimuksissa. Tarkkuutta voidaan pitää riittävän hyvänä potilasannosmittauksiin röntgendiagnostiikassa.

Tulokset

Kuvassa 1 on esitetty mies- ja naispotilaiden ikäjakauma kaikissa tarkastelluissa angiografiatutkimuksissa. Kuvan viereen on merkitty potilaiden lukumäärä ja suhteellinen osuus kussakin ikäluokassa sekä kumulatiivinen

osuus prosentteina. Potilaiden tyypillisin ikä angiografiatutkimuksissa tässä tutkimuksessa on 70 - 80 vuotta. Nuorissa ikäluokissa on miehiä selvästi enemmän kuin naisia, vanhoissa ikäryhmissä naisia enemmän kuin miehiä.

Kuvassa 2 on esitetty mies- ja naispotilaiden pinta-ala-annosjakauma kaikissa tarkastelluissa angiografiatutkimuksissa. Kuvan viereen on merkitty annosmittausten lukumäärä ja niiden suhteellinen osuus kussakin annosluokassa sekä kumulatiivinen määrä prosentteina. Suurin osa, lähes 90 % pinta-ala-annoksista on alle 100 Gy cm². Suuria annoksia on miehillä selvästi enemmän kuin naisilla.

Taulukossa II on esitetty eri tyyppisten angiografiatutkimusten lukumäärät, keskimääräiset pinta-ala-annokset ja vaihteluvälit OYS:n potilasannosmitauksissa. Eniten on tehty alaraajojen angiografioita (noin 1800), aortan angiografioita (noin 260) ja munuaisangiografioita (noin 130). Alaraajojen angiografioissa on yhdistetty molempien raajojen erilliset tutkimukset sekä samanaikaisesti tehdyt tutkimukset. Kaikkiaan seitsemässä eri tutkimuksessa keskimääräinen pinta-ala-annos on noin 100 Gy cm² tai enemmän. Suurin keskimääräinen pinta-ala-annos on 166 Gy cm² mesenterica-tutkimuksessa. Yksittäisten tutkimusten suurimmat annokset ovat noin 350 Gy cm². Näihin verrattuna keskimääräinen pinta-ala-annos alaraajojen angiografiatutkimuksissa, joita tehdään eniten, on pieni, noin 40 mGy cm².

Kuvassa 3 (a,b,c) on esitetty erikseen alaraajojen, aortan ja munuaisten tutkimusten annosjakaumat. Alaraajojen ja aortan angiografiatutkimuksissa ei miesten ja naisten annoksissa ole oleellisia eroja. Munuaisten angiografiatutkimuksissa miesten annokset ovat selvästi suuremmat kuin naisten.

Taulukossa III on esitetty potilaiden iän sekä putkijännitteen ja läpivalaisuajan keskiarvot ja vaihteluvälit angiografiatutkimuksissa.

Kuvaus- ja läpivalaisuajännitteiden keskiarvot vaihtelevat välillä 60 - 80 kV ja läpivalaisuajien keskiarvot välillä 2,1 - 17 minuuttia. Pisimmät yksittäisten tutkimusten läpivalaisuajat ovat noin 45 minuuttia alaraajojen ja maksan angiografioissa.

Kirjallisuudessa raportoituja potilasannoksia

Taulukossa IV vertaillaan tässä tutkimuksessa mitattuja ja kirjallisuudessa raportoituja pinta-ala-annoksia ja tietoja tutkimustekniikasta eräissä angiografiatutkimuksissa. Tässä tutkimuksessa mitattujen pinta-ala-annosten keskiarvot ovat samaa suuruusluokkaa kuin kirjallisuudessa esitetyt annokset. McParlandin tutkimuksessa läpivalaisusta tuli alaraajojen angiografioissa 35 %, vatsan angiografioissa 39 % ja munuaisangiografiassa 45 % kokonaisannoksesta (McParland 1998). Kuvauksesta aiheutuva annos on siten ollut jonkin verran suurempi kuin läpivalaisusta aiheutuva annos. Ruiz Crucesin tutkimuksessa läpivalaisusta tuli alaraajojen angiografioissa 37 % ja vatsan angiografioissa 59 % kokonaisannoksesta (Ruiz Cruces 1998). Kuvauksesta aiheutuvan annoksen suuruus selittyy osaltaan huomattavan suurella kuvien määrällä. Jälkimmäisessä tutkimuksessa kuvien lukumäärä alaraajojen angiografioissa oli 37 (keskihajonta 15) ja vatsan angiografioissa 37 (keskihajonta 30).

Potilasannosjakaumat ovat useimmiten vinoja. Annosten vertailu eri tutkimusten välillä ei ole aina yksikäsitteistä, eikä aina tiedetä, mitä annossuureita tällaisista jakaumista tulisi verrata keskenään. Usein käytettyjä suureita ovat keskiarvo ja keskihajonta. Myös mediaania, 75 %:n rajaa ja vaihteluväliä käytetään. Moodi (jakauman huippu) saattaisi myös olla hyvä vertailusuure, koska se ilmaisee tyypillisimmän annoksen. Taulukossa V on esitetty eri tunnuslukuja muutamien tutkimusten annosjakaumista niiden luonteen kuvaamiseksi.

Taulukko II. Pinta-ala-annosmittarilla varustetun angiografihuoneen tutkimusten lukumäärät, keskimääräiset pinta-ala-annokset ja vaihteluvälit OYS:n potilasannosmittauksissa.

Tutkimus	Lukumäärä	Pinta-ala-annos (Gy·cm ²)		
		Keskiarvo	Pienin	Suurin
Alaraaja	1788	39,4	1,3	310
Alaraaja + vatsa-aortta	12	92,1	41,4	171
Aorttokervikaalinen angiografia	254	48,8	3,6	228
Carotis	35	69,5	16,8	160
Cava	2	32,5	22,7	42,3
Coeliaca	7	145	71,2	208
Lantio	2	116	41,4	191

Maksa	26	147	38,0	266
Mesenterica	5	166	93,0	346
Munuaiset	131	67,1	0,2	229
Pudendalis	1	76,4	76,4	76,4
Pulmonaalisuonet	2	78,9	27,3	131
Thorakaali-aortta	7	59,1	24,7	113
Thorakaali-vatsa-aortta	2	115	108	121
Vatsa-aortta	5	81,4	21,6	143
Vertebralis	2	72,5	35,6	110
Yhteensä	2281			

Taulukko IV. Tässä työssä mitattuja ja kirjallisuudessa raportoituja pinta-ala-annoksia ja tietoja tutkimustekniikasta eräissä angiografiatutkimuksissa.

Tutkimus/tekijä	Tutkimustekniikka			
	Putkijännite		Läpivalaisu- aika (min)	Pinta-ala-annos (Gy cm²)
	(kV)			
	Kuvaus *	Läpivalaisu *		
Alaraaja-angiografia				
Tämä työ	64 (54-85)	66 (47-98)	4,7 (0,4-48,2)	39,4 (1,3-310)
McParland (1998)			7,5 (1,8-21,7)	79,8 (8,5-187)
Ruiz Cruces (1998)	66 (5)	73 (5,4)	3,7 (3,1)	30 (9-77)
Vano et al (1995)				66,6 (14,9-232)
Williams (1997)				77,9 (68,6-<306)
Vatsan angiografia				
Tämä työ	65 (63-67)	75 (72-80)	4,7 (2,7-6,3)	81,4 (21,6-143)
Ruiz Cruces (1998)	78 (5)	86 (10,9)	6,7 (6,5)	61 (8-192)
McParland (1998)			8,0 (1,8-27,1)	118 (21,6-301)
Munuaisangiografia				
Tämä työ	72 (63-90)	76 (53-98)	3,6 (0,4-22)	67,1 (14,9-229)
McParland (1998)			5,1 (2,9-7,6)	39,8 (17,4-71,8)
Steele (1993)			12,1	95,0 (40,6-186)
Vano (1995)				92,9 (31,7-186)
Williams (1997)				77 (<170)
* Keskiarvo (suluissa vaihteluväli tai keskihajonta)				

Taulukko V. Eri angiografiatutkimusten annosjakauman tunnuslukuja tässä tutkimuksessa.

Tutkimus	Lukumäärä	Keskiarvo	Mediaani	75 %	Keskihajonta	Vaihteluväli
Alaraajat	1788	39,4	34,3	50,3	25,4	1,3-310
Alaraaja + vatsa-aortta	12	92,9	87,6	113	38,4	41,4-171
Aorttokervikaalinen	254	48,8	38,8	65,2	34,4	3,6-228
Carotis	35	69,5	70,7	94,3	41,7	16,8-160
Maksa	26	147	148	195	64,3	38,0-266
Munuaiset	131	67,1	56,8	86,6	42,1	14,9-229

Yhteenveto

Potilasannosmittausten tuloksia angiografiatutkimuksissa, toimenpideradiologiassa ja yleensä kompleksisissa läpivalaisututkimuksissa on vain vähän käytettävissä. Potilasannokset näissä tutkimuksissa muodostavat erään tämän hetken ongelma-alueen säteilysuojelussa mm. mahdollisten determinististen haittojen vuoksi. Mittauksia tarvitaan, jotta voitaisiin määritellä suomalaisia referenssiannoksia ja arvioida säteilyriskiä ja tutkimustekniikan optimointitarvetta. Tuloksia tarvitaan useista tutkimuspaikoista, jotta saadaan riittävän hyvä otos valtakunnallisten vertailuarvojen määrittämiseksi. Suomessa on pinta-ala-annosmittareita käytössä useissa sairaaloissa, ja potilasannosmittauksiakin on tehty, mutta tuloksia ei ole analysoitu ja raportoitu. Mittaustulosten analysointi ja raportointi olisi kuitenkin hyödyllistä, jotta sairaalan omia annoksia voitaisiin verrata keskimääräisiin valtakunnallisiin annoksiin. Jos sairaalan oma annostaso on korkea verrattuna valtakunnallisiin keskiarvoihin, tulisi käynnistää toimenpiteet suurten annosten syiden selvittämiseksi ja annosten pienentämiseksi. Tuloksia analysoitaessa on kuitenkin tärkeää ottaa huomioon säteilymittareiden kalibrointi. Jos kalibrointia ei ole tehty, sitä voi pyytää Säteilyturvakeskukselta.

Eroja eri paikoissa suoritettujen tutkimusten annoksiin aiheuttavat käytetty laitetekniikka (ylä- tai alaputki, annosautomaattikka), tutkimustekniikka, pinta-ala-annoksen mittaustekniikka sekä radiologin kokeneisuus. Radiologin kokeneisuus näkyy esimerkiksi läpivalaisuaajoissa ja säteilykentän rajaamisessa. Läpivalaisuaika onkin hyödyllinen seurantakohde läpivalaisututkimuksissa. Pinta-ala-annosmittari on tehokas säteilyaltistuksen indikaattori, koska se mittaa koko tutkimuksesta potilaalle aiheutuvan pinta-ala-annoksen. Se ottaa huomioon annosnopeuden lisäksi kenttäkoon ja kaikkien parametrien muutokset tutkimuksen aikana. Jos tutkimuksessa käytetään tarpeettoman suurta kenttäkokoja, myös pinta-ala-annos on suuri verrattuna vastaavaan tutkimukseen, jossa käytetään hyvin tarkasti rajattua kenttää.

Angiografiatutkimusten annosjakauma poikkeaa huomattavasti toimenpideradiologiatutkimusten annosjakaumasta. Samassa tutkimushuoneessa tehtyjen radiologisten toimenpiteiden annosjakauman huippu on alle 15 Gy cm², kun taas tässä tutkimuksessa huippu on noin 45 Gy cm² (Servomaa 1998). Toimenpideradiologiassa ovat selvästi myös yksittäisten toimenpiteiden läpivalaisuaajat pitempiä kuin angiografiatutkimuksissa.

Useissa tutkimuksissa on raportoitu konversiokertoimia efektiivisen annoksen laskemiseksi pinta-ala-annoksen perusteella. McParlandin laskemat konversiokertoimet $E_{\text{eff}} / \text{DAP}$ (mSv/Gycm^2) pinta-ala-annoksesta (DAP) efektiiviseksi annokseksi (E_{eff}) ovat: carotisangiografiassa 0,10, pulmonaaliangiografiassa 0,14, maksan angiografiassa 0,16, munuaisten angiografiassa 0,16 ja raajojen angiografiassa 0,01 (McParland 1998). Efektiivinen annos, joka perustuu kokonaisväestön ikäjakaumaan, ei ole suoraan verrannollinen säteilyriskeihin potilasryhmissä, joiden ikärakenne on erilainen. Efektiivisessä annoksessa on gonadiannoksella suuri vaikutus, mutta vanhoilla ikäluokilla sen merkitys on olematon. Angiografiatutkimuksissa tyypillisimmät potilaat ovat noin 70-80-vuotiaita. Näille ikäryhmille stokastinen säteilyriski on huomattavasti pienempi kuin kokonaisväestölle. Koko väestölle keskimääräinen säteilyriskikerroin on noin 5 %/Sv, lapsille ja nuorille vastaavasti 8 - 9 %/Sv, yli 30-vuotiaille noin 3 %/Sv ja yli 70-vuotiaille alle 2 %/Sv. Yli 70-vuotiailla säteilystä johtuvan syöpäkuoleman aiheuttama elinajan menetys on keskimäärin alle 5 vuotta, kun se koko väestöllä on keskimäärin 12 - 13 vuotta (Servomaa 1997). Stokastisella säteilyriskillä on siis vanhoille potilaille vähäisempi merkitys kuin nuorille.

Kuva 1. *Mies- ja naispotilaiden ikäjakauma kaikissa tarkastelluissa angiografiatutkimuksissa Oulun yliopistollisessa sairaalassa. Kuvan viereen on merkitty potilaiden lukumäärä ja suhteellinen osuus kussakin ikäluokassa sekä kumulatiivinen osuus prosentteina.*

Kuva 2. Mies- ja naispotilaiden pinta-ala-annosten jakauma kaikissa tarkastelluissa angiografiatutkimuksissa Oulun yliopistollisessa sairaalassa. Kuvan viereen on merkitty annosmittausten lukumäärä ja niiden suhteellinen osuus kussakin annosluokassa sekä kumulatiivinen osuus prosentteina.

Kuva 3a. *Mies- ja naispotilaiden pinta-ala-annosten jakauma alaraajojen angiografiatutkimuksissa. Kuvan viereen on merkitty annosmittausten lukumäärä ja niiden suhteellinen osuus kussakin annosluokassa sekä kumulatiivinen osuus prosentteina.*

Kuva 3b. *Mies- ja naispotilaiden pinta-ala-annosten jakauma aortan angiografiatutkimuksissa. Kuvan viereen on merkitty annosmittausten lukumäärä ja niiden suhteellinen osuus kussakin annosluokassa sekä kumulatiivinen osuus prosentteina.*

Kuva 3c. Mies- ja naispotilaiden pinta-ala-annosten jakauma munuaisten angiografiatutkimuksissa. Kuvan viereen on merkitty annosmittausten lukumäärä ja niiden suhteellinen osuus kussakin annosluokassa sekä kumulatiivinen prosentteina.

Viitteet

Euroopan neuvosto 1997. Henkilöiden terveyden suojelemisesta ionisoivan säteilyn aiheuttamilta vaaroilta lääketieteellisen säteilyaltistuksen yhteydessä. Neuvoston direktiivi 97/43/Euratom. Luxemburg 1997.

European Commission. European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images in paediatrics. EUR 16261 EN. Brussels, Luxemburg, 1996a.

European Commission. European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images. EUR 16260 EN. Brussels, Luxemburg, 1996b.

Gfirtner H, Stieve F-E, Wild J. A new Diammentor for measuring kerma-area product and air-kerma simultaneously. Med. Phys. 1997; 24: 1954-1959.

International Electrotechnical Commission (IEC). Area exposure product meter. IEC Standard 60580. First edition, 1977.

Komppa T. Säteilyriski röntgentutkimuksissa. Raportissa: Servomaa A (toim.). Säteilyturvallisuus ja laadunvarmistus röntgendiagnostiikassa 1998. STUK-A152. Helsinki: Oy Edita Ab, 1998: 92-98.

McParland BJ. A study of patient radiation doses in interventional radiological procedures. Brit. J. Radiol. 1998; 71: 175-185.

National Radiological Protection Board. National Protocol for Patient Dose Measurements in Diagnostic Radiology. Dosimetry Working Party of the Institute of Physical Sciences in Medicine. 1992.

Ruiz Cruces R, Garcia-Granados J, Diaz Romero FJ, Hernandez Armas J. Estimation of effective dose in some digital angiographic and interventional procedures. Brit. J. Radiol. 1998; 71: 42-47.

Ruiz-Cruces R, Perez-Martinez M, Martin -Palanca A, Flores A, Cristofol J, Martinez- Morillo M, Diez de los Rios A. Patient dose in radiologically guided interventional vascular procedures: Conventional versus Digital Systems. Radiology 1997; 205: 385-393.

Servomaa A. Potilasannoksia koskevat määräykset. Neuvoston direktiivi 97/43/EURATOM. Raportissa: Servomaa A (toim.). Säteilyturvallisuus ja laadunvarmistus röntgendiagnostiikassa 1998. STUK-A152. Helsinki: Oy Edita Ab, 1998: 189-196.

Servomaa A, Komppa T. Röntgentutkimusten riski vähäinen verrattuna hyötyyn. Alara 1997; 3: 4-7.

Servomaa A, Heikkilä M, Ilus T, Parviainen T. Frequency and practice of paediatric x-ray examinations in Finland 1995. Internal Report. CEC IV-Framework Research Project. Helsinki, Säteilyturvakeskus, 1997.

Servomaa A, Kiviniitty K, Leinonen S, Heikkilä M, Parviainen T. Potilasannos toimenpideradiologiassa. Raportissa: Servomaa A (toim.). Säteilyturvallisuus ja laadunvarmistus röntgendiagnostiikassa 1998. STUK-A152. Helsinki: Oy Edita Ab, 1998: 150-159.

Steele HR, Temperton DH. Patient doses received during digital subtraction angiography. Brit. J. Radiol. 1993; 66: 452-456.

Vano E, Gonzalez L, Fernandez JM, Guibeable E. Patient dose values in interventional radiology. Brit. J. Radiol. 1995; 68: 1215-1220.

Williams J. The interdependence of staff and patient doses in interventional radiology. Brit. J. Radiol. 1997; 70: 498-503.

PINTA-ALA-ANNOKSET LASTEN TEHO- OSASTON THORAXTUTKIMUKSISSA

Minna Tikkanen¹, Antti Servomaa², Anja Kettunen¹,
Seija Mattila¹

¹ Oulun seudun ammattikorkeakoulu / sosiaali-
ja terveysalan yksikkö

² Säteilyturvakeskus

Johdanto

EU:n lääketieteellistä säteilynkäyttöä koskeva ns. MED-direktiivi (Euroopan neuvosto 1997) edellyttää potilaiden säteilyannosten määrittämistä lääketieteellisissä röntgentutkimuksissa. Lasten röntgentutkimukset ovat painopistealue direktiivissä. Vastasyntyneet lapset ovat säteilyherkin kohderyhmä röntgentutkimuksissa. Euroopan Unioni on antanut hyvän radiologisen käytännön suositukset vastasyntyneiden lasten keuhkokuvauksia varten. Hyvä radiografinen tekninen käytäntö on tarkoitettu yleisesti kaikenlaisille röntgenosastoille ja siinä on huomioitu osittain myös osastoilla tapahtuvat tutkimukset vastasyntyneiden osalta. Osastokuvausten olosuhteet poikkeavat melko paljon tavallisten röntgenosastojen olosuhteista, mikä on syytä huomioida vertailuja tehtäessä. (European guidelines 1996)

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on kuvata ja selvittää pinta-ala-annoksiin vaikuttavia tekijöitä yliopistollisen sairaalan lasten teho-osastolla.

Aikaisempia tutkimuksia

Fletcher ym. (Fletcher 1986) selvittivät, miten paljon vastasyntyneitä kuvataan ja arvioivat riskitekijöitä, jotka liittyvät vastasyntyneiden röntgentutkimuksiin. Vuonna 1982 sairaalassa syntyi 5488 vauvaa, joista 350:lle suoritettiin kaikkiaan 2287 röntgentutkimusta, jotka jakautuivat seuraavasti: 1547 AP-thoraxtutkimusta, 159 sivu-thoraxtutkimusta, 363 thorax- + natiivimahatutkimusta, 105 natiivivatsatutkimusta, 24 kallotutkimusta ja 89 muuta radiologista tutkimusta. Muihin radiologisiin tutkimuksiin kuului mm. tietokonetomografia- ja läpivalaisututkimuksia (taulukossa I).

Taulukko I . Röntgentutkimusmäärät vauvaa kohti John Radcliffe -sairalaassa 1982.

Röntgentutkimusten määrä vauvaa kohti	Vauvojen lukumäärä	Röntgentutkimusten määrä
1	155	155
2	50	100
3	32	96
4	20	80
5	13	65
6	8	48
7	10	70
8	8	64
9	9	81
10-14	8	88
15-19	6	107
20-24	13	274
yli 25	18	1059
Yhteensä	350	2287

Kuvatuista vauvoista otettiin keskimäärin 6,5 kuvaa.

McDonald ym. (McDonald 1996) tutkivat pinta-ala-annoksia lasten radiologisissa tutkimuksissa Royal Aberdeenin lasten sairaalassa. He vertasivat pinta-ala-annoksia (DAP) laskennallisiin annoksiin iholla ja totesivat niiden välillä selkeän lineaarisen riippuvuuden. Suurinta hajonta oli thoraxtutkimuksissa. Käytetyn filmi-vahvistuslevy-yhdistelmän suhteellinen nopeus oli 200. Taulukossa II on esitetty thoraxtutkimusten tutkimustekniikka ja pinta-ala-annokset eri ikäryhmissä.

Taulukko II . Thoraxtutkimusten tulokset (McDonald ym. 1996).

Tutkimus	Ikä (vuotta)	Havaintojen määrä	Keskiarvo kV	Keskiarvo mAs	Keskiarvo ihoannos (mGy)	Keskiarvo DAP (mGycm ²)	Vaihteluväli DAP (mGycm ²)	Keskiarvo kenttäko (cm ²)
Thorax AP	alle 1	25	62	8,6	0,06	15	5 - 25	332,2

Thorax AP	1 -< 5	22	64	9,5	0,06	24	11 - 49	515,8
Thorax PA	5 -< 10	14	65	10,0	0,06	32	15 - 58	1500
Thorax PA	10 - 15	17	69	10,6	0,10	64	33 - 115	1173

Thorax tutkimuksissa ei käytetty lainkaan hilaa. Tutkimuksissa, joissa hila oli ollut käytössä, pinta-ala-annokset olivat jopa viisinkertaiset verrattuna ilman hilaa tehtyihin tutkimuksiin. (McDonald ym. 1996)

Euroopan Unionissa kartoitettiin pienten lasten röntgentutkimusten kuvaustekniikkoja, välineistöä ja sädeannoksia samanaikaisesti 89 eri sairaalassa ympäri Eurooppaa. Kustakin paikasta pyydettiin keräämään tiedot 7 eri röntgentutkimuksesta. Tutkimukset normaalilla röntgenosastolla olivat 10 kk ikäisen vauvan natiivivatsa AP, kallo AP/PA, selkärangan lateraalikuva ja thorax AP/PA. Lisäksi osastokuvauslaitteella suoritettut AP-thorax tutkimukset vastasyntyneelle (n. 1 kg painoiselle) ja 10 kuukauden ikäiselle vauvalle. Potilaiden annosmittaus tapahtui lähettämällä sairaaloihin termoloistedosimetrit (Schneider 1992).

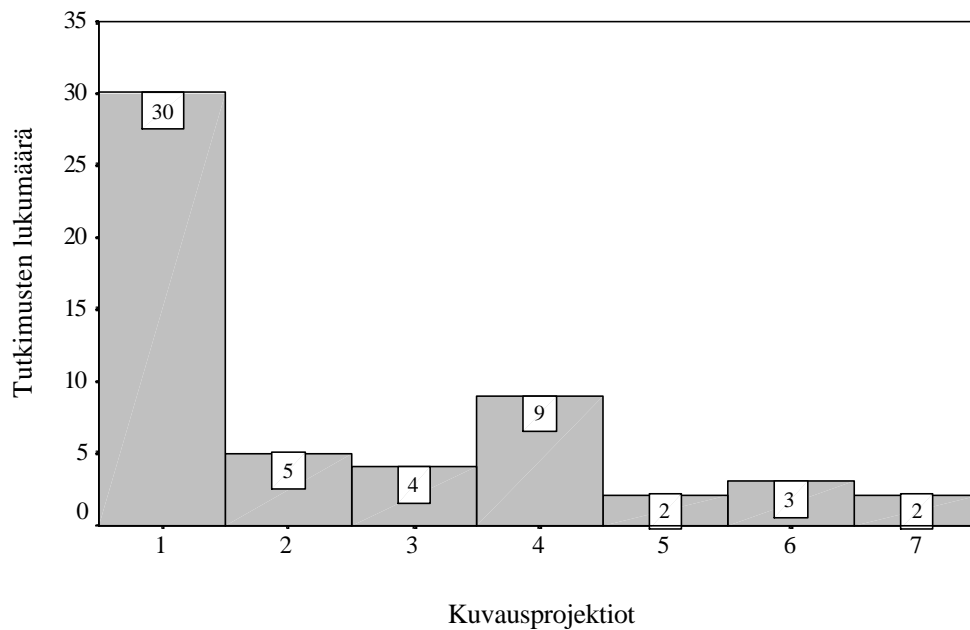
Sairaaloissa käytetty laitteisto oli kirjavaa, muutamissa paikoissa oli käytössä vielä 1- ja 2- pulssin röntgengeneraattoreita. Filmi-vahvistuslevy-yhdistelmien suhteelliset nopeudet vaihtelivat thorax tutkimusten osalta 100 ja 600 välillä. Laitteiden suodatuksista monillakaan sairaaloilla ei ollut tietoa. Vastanneista sairaaloista 53,8 %:lla oli käytössä osastokuvauslaite, jonka suodatus oli alle 2 mm Al-ekvivalenttia ja 46,2 %:lla 2,0-3,9 mmAl. Thorax AP/PA -tutkimusten ihoannos oli 21 - 979 μGy (keskiarvo 131 μGy), vastasyntyneiden osastokuvauksissa 11 - 386 μGy (keskiarvo 67,8 μGy) ja 10 kk vauvojen osastokuvauksissa 34 - 718 μGy (keskiarvo 128,5 μGy).

Tämän tutkimuksen aineisto ja sen kerääminen

Tutkimusaineisto kerättiin yliopistollisen sairaalan kahdelta lasten teho-osastolta. Kaikki tutkimukset suoritettiin kuvalevyille samalla osastokuvauslaitteella (Tikkanen 1999). Osastoilta kerätyt 55 thorax tutkimusta ja-kautuivat 7 erilaiseen kuvausprojektiioon (kuva 1).

Kuvassa 1 on esitetty thorax tutkimusten jakautuminen eri kuvausprojektiioihin.

Pinta-ala-annosmittarina käytettyä VacuDAP 2001:tä verrattiin kalibroituun MDH 1015 -mittariin. Keskoskaapissa tapahtuneiden thorax tutkimusten pinta-ala-annoslukemissa on käytetty korjauskerrointa 0,9, joka aiheutui keskoskaapin röntgensäteilyä vaimentavasta vaikutuksesta tutkimuksissa käytetyllä putkijännitteellä.



Kuva 1. Tutkimusmäärät ja kuvausprojektiot osastoilla (n = 55 tutkimusta)

1. Osaston 1 keskoskaapissa suoritettu thoraxtutkimus
2. Osaston 1 keskoskaapissa, ensimmäinen kuvauskerta pitkä AP-thoraxtutkimus
3. Osaston 1 keskoskaapissa, ensimmäinen kuvauskerta pitkä sivuthorax-tutkimus
4. Osaston 2 sängyssä suoritettu thoraxtutkimus
5. Osaston 2 sängyssä suoritettu thoraxtutkimus, hila käytössä
6. Osaston 2 keskoskaapissa suoritettu thoraxtutkimus
7. Osaston 1 sängyssä suoritettu thoraxtutkimus

Tulokset

Tämän tutkimuksen aineisto on luokiteltu lasten painojen mukaan kolmeen eri painoluokkaan, johtuen havaintojen poikkeuksellisesta ikärakenteesta (painoluokka 1 [660 - 1490 g], 2 [1560 - 3565 g], 3 [17 - 30 kg]). Aineisto painottui vastasyntyneisiin ja vanhemmista ikäryhmistä kertyi hyvin niukasti

havaintoja. Tutkimustekniikka ja pinta-ala-annokset eri painoluokissa on annettu taulukoissa III - V.

Taulukko III. Painoluokan 1 tutkimustiedot.

Muuttuja	Minimi	Maksimi	Keskiarvo
Putkijännite kV	66	70	67
mAs	1	1,6	1,24
Kuvauskentän korkeus	10 cm	14 cm	12,4 cm
Kuvauskentän leveys	9 cm	13 cm	11,6 cm
Kenttäkoko	90 cm ²	182 cm ²	144,3 cm ²
Paino	660 g	1490 g	1093 g
Potilaan paksuus	4,5 cm	6,5 cm	5,8 cm
Potilaan pituus	31,5 cm	41,5 cm	36,1 cm
Pinta-ala-annos mGycm ²	1,8	5,4	3,6

Taulukko IV. Painoluokan 2 tutkimustiedot

Muuttuja	Minimi	Maksimi	Keskiarvo
Putkijännite kV	68	72	69
mAs	1	2	1,5
Kuvauskentän korkeus	12 cm	22 cm	14,4 cm
Kuvauskentän leveys	11 cm	18 cm	13,8 cm
Kenttäkoko	143 cm ²	396 cm ²	201 cm ²
Paino	1560 g	3565 g	2389 g
Potilaan paksuus	5 cm	10 cm	8 cm
Potilaan pituus	41,5 cm	51 cm	45,2 cm
Pinta-ala-annos mGycm ²	2,7	18	7,4

Taulukko V. Painoluokan 3 tutkimustiedot

Muuttuja	Minimi	Maksimi	Keskiarvo
Putkijännite kV	85	110	90
mAs	1,6	2,5	2,3
Kuvauskentän korkeus	24 cm	32 cm	27 cm
Kuvauskentän leveys	23 cm	27 cm	25 cm
Kenttäkoko	552 cm ²	800 cm ²	671 cm ²
Paino	17,8 kg	30 kg	26,5 kg
Potilaan paksuus	13 cm	16 cm	14 cm
Potilaan pituus	102 cm	160 cm	137 cm

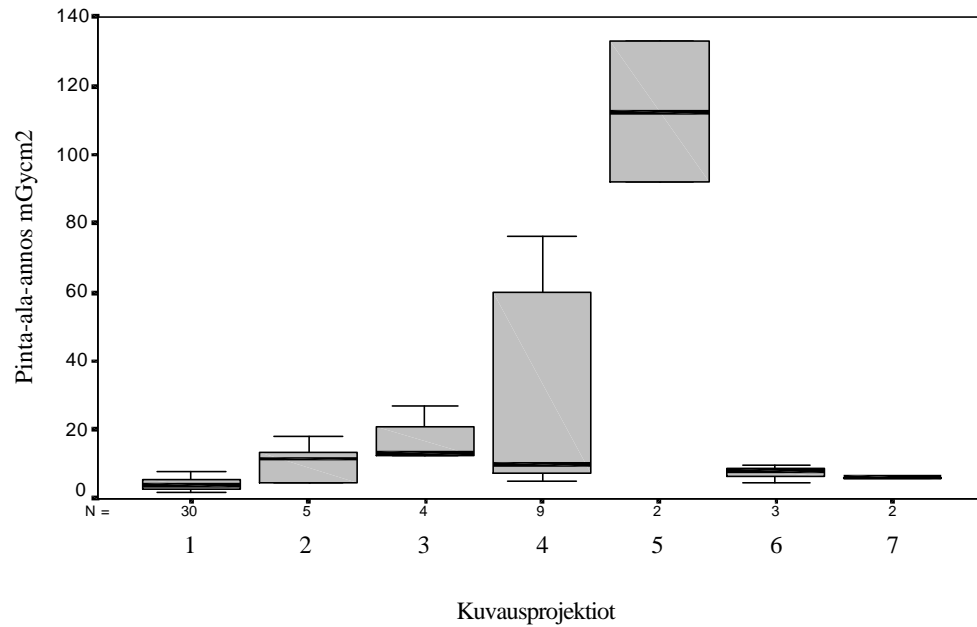
Pinta-ala-annos mGycm ²	57	133	81
---------------------------------------	----	-----	----

Pinta-ala-annokset lasten teho-osaston thorax-tutkimuksissa

McDonald ym. (1996) ovat tutkimuksessaan vertailleet pinta-ala-annoksia eri ikäisten lasten röntgentutkimuksissa. (taulukko II). Vertailun vuoksi on laskettu myös tämän aineiston pinta-ala-annokset samaa ikäjaottelua käyttäen. Tämän aineiston alle 1-vuotiaan pinta-ala-annokset vaihtelivat välillä 1,8 – 18 mGycm², keskiarvo 7,2 mGycm². Keskimääräinen kenttäkoko tässä aineistossa oli 174 cm². 5 – 10-vuotiaita tässä aineistossa oli 5. Pinta-ala-annos vaihteli välillä 57 - 92 mGycm², keskiarvo 70,8 mGycm². Kenttäkokojen keskiarvo oli tässä aineistossa 645 cm². Alle 1-vuotiailla annos ja kenttäkoko olivat pienemmät, mutta 5 – 10-vuotiailla annos oli suurempi ja kenttäkoko pienempi kuin McDonaldin tutkimuksessa.

Kuvausprojektion vaikutus pinta-ala-annokseen

Kuvassa 2 esitetään pinta-ala-annosten vaihteluvälit eri kuvausprojektiossa. Kuvausprojektio 1 on selkeästi annostasoltaan matalin ja se sisältääkin runsaasti pienten keskosten tutkimuksia. Pinta-ala-annokset 1 projektiossa vaihtelivat välillä 1,8 - 8,1 mGycm², keskiarvo 4,3 mGycm². Pitkissä thorax-tutkimuksissa, jotka sisältävät sekä keuhko- että natiivimahakuvauksen, pinta-ala-annos on selkeästi korkeampi johtuen tukimusten vaatimasta suuremmasta kenttäkoosta ja suuremmista kuvausarvoista. Pitkien AP-thorax-tutkimusten pinta-ala-annokset vaihtelivat välillä 4,5 - 18,0 mGycm², keskiarvo 10,4 mGycm². Pinta-ala-annokset pitkissä sivuthorax-tutkimuksissa vaihtelivat 12,6 - 27,0 mGycm² välillä, keskiarvo 16 mGycm². Pinta-ala-annoksen vaihteluväli kuvausprojektioissa 4 on huomattava johtuen kuvattujen lasten suurista kokoeroista tässä kuvausprojektiossa. Kuvausprojektion 4 pinta-ala-annokset vaihtelivat välillä 5,0 - 76,0 mGycm², keskiarvo 33,2 mGycm². Kuvausprojektiossa 5 on kaksi thorax-tutkimusta, joissa on käytetty hilaa. Pinta-ala-annokset näissä tutkimuksissa olivat 133 ja 92 mGycm². Kuvausprojektion 6 pinta-ala-annokset olivat 4,5, 13,5 ja 18,0 mGycm². Kuvausprojektiioon 7 kuului kaksi tutkimusta, pinta-ala-annos näissä tutkimuksissa oli 6,0 mGycm².



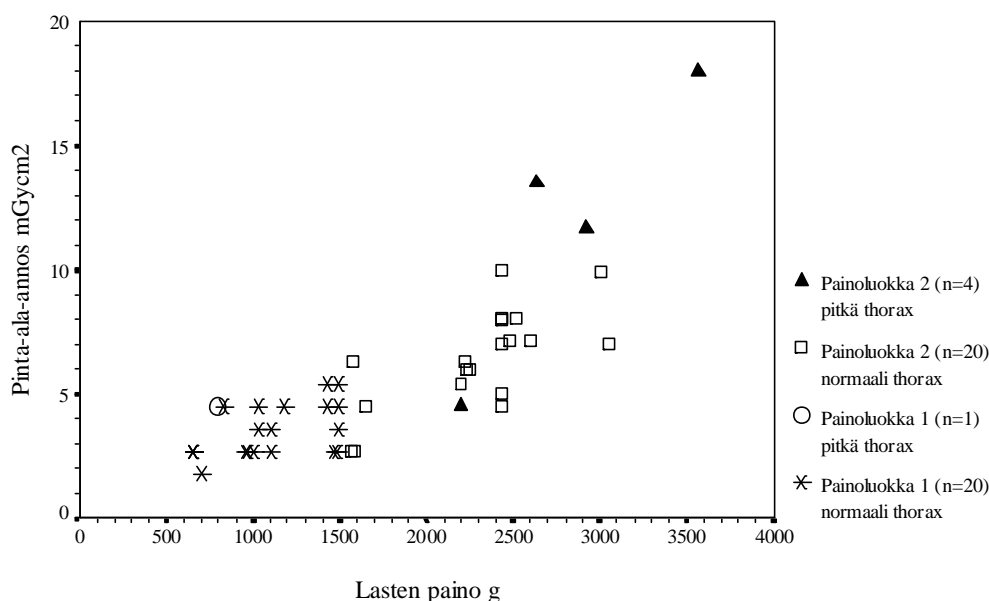
Kuva 2. Pinta-ala-annokset kuvausprojektiotittain (n = 55).

1. Osaston 1 keskoskaapissa suoritettu thoraxtutkimus
2. Osaston 1 keskoskaapissa, ensimmäinen kuvauskerta pitkä AP-thoraxtutkimus
3. Osaston 1 keskoskaapissa, ensimmäinen kuvauskerta pitkä sivuthorax-tutkimus
4. Osaston 2 sängyssä suoritettu thoraxtutkimus
5. Osaston 2 sängyssä suoritettu thoraxtutkimus, hila käytössä
6. Osaston 2 keskoskaapissa suoritettu thoraxtutkimus
7. Osaston 1 sängyssä suoritettu thoraxtutkimus

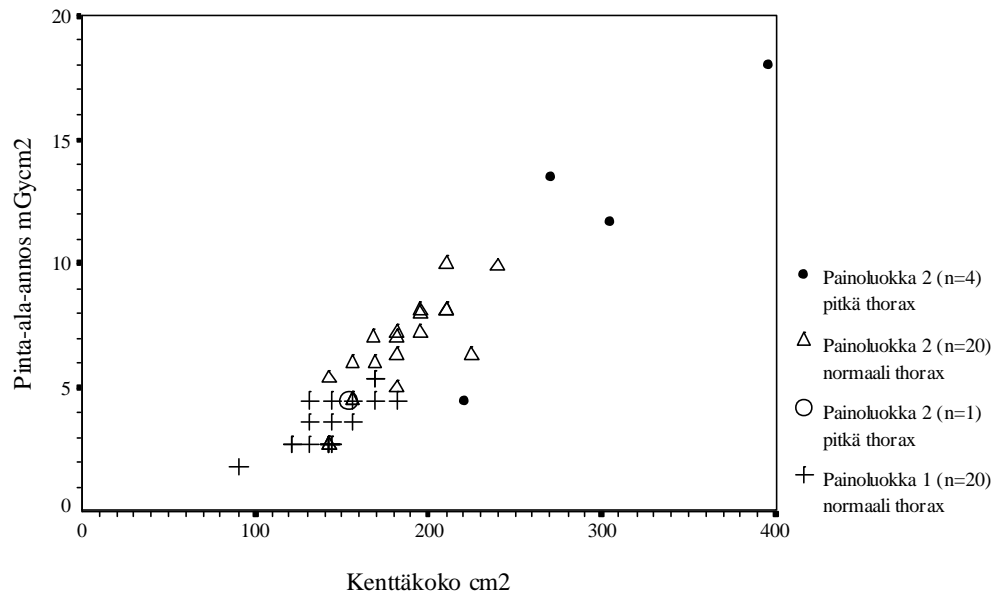
Kenttäkoon ja lapsen painon vaikutus pinta-ala-annokseen

Kuvassa 3 on esitetty pinta-ala-annoksen ja painon välinen riippuvuus painoluokissa 1 (660 - 1490 g) ja 2 (1560 - 3565 g) kuvausprojektioittain jaoteltuna. Lapsen painon ja pinta-ala-annoksen välillä on nähtävissä selkeä lineaarinen riippuvuus painoluokissa 1 ja 2. Lasten koko kasvaa voimakkaasti painon noustessa, jolloin kasvaa myös tutkimuksessa käytettävä kenttäkoko ja pinta-ala-annos. Wraith ym. (1995) ovat tutkineet sädeannosten ja lasten koon välistä vaikutusta keskosten ja vastasyntyneiden osastolla Englannissa. Heidän saamansa tutkimustulokset lapsen painon ja pinta-ala-annoksen välisestä yhteydestä ovat aivan samanlaiset kuin tässä tutkimuksessa. Pienillä vauvoilla painon ja pinta-ala-annoksen välinen suhde kasvaa lähes lineaarisesti, mutta vain 4 kg:aan asti. Isompien lasten kohdalla pinta-ala-annoksen ja painon välinen yhteys ei ole enää niin selkeä.

Lapsen pituudella ei ole selkeää yhteyttä kenttäkokoan tässä tutkimusaineistossa. Kuvassa 4 on esitetty pinta-ala-annoksen ja kenttäkoon välinen riippuvuus painoluokissa 1 ja 2. Kuvasta havaitaan lineaarinen pinta-ala-annoksen ja kenttäkoon välinen riippuvuus ja kuvausprojektion vaikutus kenttäkoon kasvuun ns. pitkissä thoraxtutkimuksissa.



Kuva 3. Pinta-ala-annoksen ja painon välinen riippuvuus painoluokissa 1 (660 - 1490 g) ja 2 (1560 - 3565 g) kuvausprojektiioittain jaoteltuna.



Kuva 4. Kenttäkoon vaikutus pinta-ala-annokseen painoluokissa 1 (660 - 1490 g) ja 2 (1560 - 3565 g).

Lasten osastokuvausten tekniset laatuvaatimukset

Taulukossa VI on esitetty EU:n hyvän radiografisen tutkimustekniikan suositukset (European guidelines 1996) ja tämän tutkimuksen osastokuvausten kuvaustekniikka vastasyntyneille ja keskosille. Siitä nähdään, että vastasyntyneiden osastokuvausten kuvaustekniset olosuhteet vastaavat hyvin EU:n suosituksia. Eroja löytyy lisäsuodattuksesta, filmi-vahvistuslevy-yhdistelmän herkkyydestä sekä pieni ero käytetyn putkijännitteen suhteen. Kuvausaika ei näy erillisenä arvona osastokuvauslaitteessa, joten sitä ei ole merkitty. Keskimääräinen mAs-arvo vastasyntyneiden tutkimuksissa vaihteli välillä 1 - 2 mAs.

Yhteenveto

Pinta-ala-annoksen muodostumiseen ja potilaan säteilyaltistukseen vaikuttaa monta erillistä tekijää. Tässä tutkimuksessa nousivat esille potilaan paino, kenttäkoko, kuvausarvot, kuvausprojektio ja hilan käyttö. Tämän tutkimuksen tuloksena saatiin monipuoliset potilas-, tutkimustekniikka- ja annostiedot, joten eri tekijöiden välisiä riippuvuuksia vastasyntyneiden lasten keuhkotutkimuksissa on mahdollista analysoida.

Taulukko VI. EU:n antama esimerkki hyvästä teknisestä radiografisesta tekniikasta vastasyntyneitä kuvattaessa ja Oulun yliopistollisen sairaalan osastokuvausten kuvaustekniikka vastasyntyneille ja keskosille (European guidelines 1996).

EU:n esimerkki hyvästä radiografisesta teknisestä käytännöstä vastasyntyneille		Osastokuvausten kuvaustekniikka
Potilaan asento	selällään maaten	Selällään maaten
Kuvauspaikka	sänky (kuvauspöytä), riippu- en olosuhteista	keskoskaappi, potilas- sänky
Focuskoko	0,6 (\leq 1,3) mm	0,75 mm
Lisäsuodatus	1 mm Al + 0,1 tai 0,2 mm Cu (tai vastaava)	osastokuvauslaitteessa ei lisäsuodatusta
Hila	ei	ei
Filmi- vahvistuslevy- yhdistelmä	suhteellinen nopeus 200 - 400	Kuvalevy (herkkyys 100)
Kuvausetäisyys, FFD	80 - 100 (150 cm)	100 cm
Putkijännite	60 - 65 kV	66 - 72 kV
Automaattivalotus	ei	ei
Kuvausaika	< 4 ms	-
Sädesuojien käyt- tö	Sädesuoja vatsalle, sädekei- lan välittömälle alarajalle tai suoja keskoskaapin päälle	Sädesuoja vatsan päällä sädekeilan alarajalla sängyssä tai keskoskaa- pissa sädesuoja kentän ylä- ja alarajalla kes- koskaapin päällä

Osastokuvauslaitteessa ei ole lisäsuodatusmahdollisuutta.

Tässä tutkimuksessa tuli esille myös muita merkittäviä tekijöitä, jotka vaikuttavat vastasyntyneiden säteilyaltistukseen. Näitä ovat:

- Tutkimustyyppien lukumäärä vastasyntyneiden keuhkokuvauksissa (7 kpl)
- Samalle lapselle tehty tutkimukset (keskim. 6,5 kuvaa, kirjallisuudesta)

- Tutkimukset keskoskaapissa, keskoskaapin aiheuttama säteilyn vaimennus
- Tutkimustekniikan vertailu EU-suosituksiin
- Osastokuvauskoneiden rajoitteet (ei lisäsuodatusmahdollisuutta, tarvitaan uudet ohjeet)
- Hilan käyttö määräytyy lapsen koon eikä iän perusteella

Röntgenhoitajan kokemuksella on merkitystä vastasyntyneiden tutkimusta suoritettaessa. Kokemattoman kuvaajan suorittaessa tutkimusta pinta-ala-annos muodostui suuremmaksi kuin kokeneilla hoitajilla. Pienten keskosten kuvaaminen on hankalaa, mikäli on tottunut kuvaamaan aikuisia ihmisiä. Pienten lasten immobilisointi kuvauksessa on erityisen tärkeää ja vaatii röntgenhoitajalta hyvää ammattitaitoa. Pienet keskokset ja lapset ovat oma erillisryhmänsä, jonka kuvaaminen vaatii oman ammattitaitonsa ja kokemuksensa.

Viitteet

Euroopan neuvosto. Henkilöiden terveyden suojelemisesta ionosoivan säteilyn aiheuttamilta vaaroilta lääketieteellisen säteilyaltistuksen yhteydessä. Neuvoston direktiivi 97/43/Euratom. Luxemburg 1997.

European Commission. European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images in paediatrics. EUR 16 261 EN. European Commission, Luxembourg 1996.

Fletcher E, Baum J, Draper G. The risk of diagnostic radiation of the newborn. The British Journal of Radiology 1986; 59: 165-169.

Martin C, Farquhar B, Stockdale E, Macdonald S. A study of the relationship between patient dose and size in paediatric radiology. The British Journal of Radiology 1994; 67: 864-871.

McDonald S, Martin C, Darragh C, Graham D. 1996. Dose-area product measurements in paediatric radiography. The British Journal of Radiology 1996; 69: 318-325.

Schneider K, Fendel H, Bakowski C, Stein E, Kohn M, Kellner M, Schweighofer K, Cartagena G, Padovani R, Panzer W, Scheurer C, Wall B.

Results of a dosimetry study in the European Community of frequent x-ray examinations in infants. *Radiation Protection* 1992; 43 (1/4): 31-36.

Tikkanen M. Pinta-ala-annokset lasten teho-osaston thorax tutkimuksissa. Opinnäytetyö. Oulun Seudun Ammattikorkeakoulu, 1999.

Wraith C, Martin C, Stockdale E, McDonald S, Farquhar B. 1995. An investigation into techniques for reducing doses from neo-natal radiographic examinations. *The British Journal of Radiology* 1995; 68: 1074-1082.

KUVAUSTUTKIMUSTEN POTILASANNOS- SEURANTA: MITTAUSTULOKSET JA VERTAILUARVOT YHTEENSOPIVIKSI POTILAAN PAINOINDEKSIIN AVULLA

Matti Toivonen, Antti Servomaa, Taina Ilus
Säteilyturvakeskus

Yleistä

Röntgentutkimusten järjestelmällinen potilasannosseuranta aloitettiin Englannissa noin 15 vuotta sitten (Institute of Physical Sciences 1992). Myöhempi potilasannostutkimus (Hart ym. 1995) osoitti kiistattomasti, että röntgentutkimusten annokset pienenevät noin 40 % seuraavien 10 vuoden aikana. Euroopan unionin MED-direktiivissä (Euroopan neuvosto 1997) velvoitetaan nyt kaikkia unionin jäsenmaita panemaan toimeen vastaavanlainen annosseuranta. EU:n julkaisemien röntgenkuvien laatukriteerien (CEC 1996) ja annosseurannan keskeinen tavoite on turvata korkeatasoiset röntgentutkimukset kaikissa jäsenmaissa. Potilasannosten ja kuvan laadun seuranta ovat helpoimpia menetelmiä tarkkailla, että laatukriteerit saavutetaan.

Potilasannosseurannan suunnittelu ja toimeenpano on meneillään EU-jäsenmaissa (CEC 1998). Seurantamenetelmiä voidaan valita ja mukauttaa melko vapaasti paikallisiin olosuhteisiin sopiviksi, kunhan röntgenosastot saavat riittävästi tilastotietoa toiminnan laatua kuvaamaan ja kansallinen laadunvarmistuskeskus saa riittävästi tietoa yhteydenpitoonsa EU:n ja YK:n kanssa. Mittausmenetelmistä voidaan vapaasti valita omaan käyttöön parhaiten sopiva:

- Potilaan pinta-annoksen (*ESD*, yksikkö μGy tai mGy) suora mittaaminen termoluminesenssidosimetrillä (TL dosimetri)
- Annoksen ja pinta-alan tulon (*DAP*, yksikkö mGy cm^2 tai Gy cm^2) suora mittaaminen *DAP*-mittarilla
- Pinta-annoksen laskenta, joka perustuu röntgenputken säteilytuoton kalibrointiin sekä tutkimuksen ja projektion, varauksen (yksikkö mAs), säteilytyksen (putkijännite, suodatus, fokus-filmietäisyys ja säteilykeilan ala filmillä) ja potilaan (sukupuoli, pituus ja paino) määrit-

televiin parametreihin sekä säteilyn takaisinsirontakertoimen taulukkoarvoon (Toivonen 1998).

Edellä esitetyt suureiden tunnukset *ESD* ja *DAP* tulevat englanninkielisistä nimistä **E**ntrance **S**urface **D**ose ja **D**ose-**A**rea **P**roduct.

Potilasannosten vertailuarvoista

Potilasannosten vertailuarvoja, joita käytetään hyvän käytännön kriteereinä, voivat antaa EU, kansallinen laadunvarmistuskeskus ja sairaalat. Paikalliset arvot ovat yleensä pienempiä tai samoja kuin kansalliset arvot. Taulukossa I on esitetty englantilaiset vertailuarvot. Ne on johdettu tilastollisesti potilasannosten kolmantena kvarttiilina materiaalista, josta kansainvälistä miehen standardikokoa (170 cm ja 70 kg) huomattavasti suurempien ja pienempien potilaiden (paino yli 75 kg tai alle 65 kg ja pituus huomattavasti normaalista poikkeava) annokset on poistettu. Tällä tavalla johdetut vertailuannokset eivät ole sopivia koko Eurooppaan, koska ihmisten keskikoko vaihtelee huomattavasti eri alueilla. EU joutuu siksi antamaan väljä annoskriteereitä, joita on täsmennettävä kansallisella tasolla. Toistaiseksi ei ole annettu selviä ohjeita siitä miten tämä täsmentäminen tulisi tehdä.

Annosten kolmannen kvarttiilin luotettavaan määrittämiseen tarvitaan vähintään kymmenien potilaiden annokset. Jos tilastoon kelpuutetaan vain annokset, jotka on mitattu potilaista, joilla on ± 5 kg sisällä sama paino, niin annoskriteerien johtamiseen tarvitaan todella suuri aineisto. Siksi olisi eduksi, jos tilastomateriaaliin voitaisiin kelpuuttaa lähes kaikkien potilaiden annokset. Tässä työssä tutkitaan, voidaanko potilaiden painoindeksiä (*I*) hyväksi käyttäen muuntaa standardikokoisen potilaan annosten vertailuarvoja kaikenkokoisille potilaille sopiviksi.

Taulukko I. Eräiden kuvaustutkimusten pinta-annosten vertailuarvot (*Institute of Physical Sciences 1992*).

Tutkimus	Projektio	Vertailuannos mGy
Lanneranka	AP	10
	LAT	30
	LSJ	40

Natiivivatsa	AP	10
Lantio	AP	10
Keuhko	PA	0.3
	LAT	1,5
Kallo	AP tai PA	5
	LAT	3

I on helposti ihmisen painosta m ja pituudesta I laskettava suure

$$I = m / I^2 \quad (1)$$

Edellä todettiin, että kuvaustutkimusten potilasannosseurannassa käytetään vaihtoehtoisesti kahta suuretta; pinta-annosta ESD sekä annoksen ja pinta-alan tuloa DAP . Siksi on tärkeää tuntea näiden suureiden riippuvuus toisistaan ja tietää miten eri menetelmillä mitattuja potilasannoksia voidaan verrata keskenään.

Pinta-annoksen riippuvuus potilaan paksuudesta kuvauskohteessa

Valotusautomaatti säättää kuvausaikaa niin, että filmi saa vakiosäteilytyksen potilaan koosta riippumatta. Potilasannos (ESD tai DAP) riippuu potilaan paksuudesta siten, että 3 cm lisäys aiheuttaa noin kaksinkertaisen annoksen. Pinta-annosta (ESD) potilaan paksuuden funktiona kuvaa kaava

$$ESD = D_0 * \exp(\mu d) , \quad (2)$$

missä μ on säteilyn vaimennuskerroin ihmiskudoksessa, d on potilaan paksuus ja D_0 potilaan läpäisseen säteilyn annos valotusautomaatin säteilynläpän kohdalla. $\log(ESD)$ on siis verrannollinen potilaan paksuuden kanssa, kun valotusautomaatin säteilylängäisimelle tulevan säteilyn määrä on vakio.

Saksassa tehdyssä tutkimuksessa (Stamm 1998) on mitattu potilaiden paksuuksia ja pinta-annoksia. Tutkimuksen tuloksista (kuvat 1a–1c) näkyy, että pinta-annoksen logaritmi (huomaa puolilogaritminen asteikko) kasvaa suoraan potilaan paksuuden funktiona. Pinta-annosten hajonta pistejoukkoihin sovitetuista suorista on melko pieni lannerangan AP-kuvassa, mutta oleellisesti suurempi lannerangan ja lantion lateraaliprojektioissa. Ero johtuu säteilyn suuremmasta vaimenemisesta luustoon lateraaliprojek-

tioissa. Pieni siirros potilaan asettelussa voi merkitä, että luuta on enemmän tai vähemmän valotusautomaatin säteilynilmaisimen edessä, ja tämä yhdessä potilaiden luustojen rakenteellisten erojen kanssa näkyy kuvissa 1b–1c pinta-annosten suurempana hajontana kuvaan 1a nähden.

Kuva 1 (a – c). *Pinta-annos potilaan paksuuden funktiona kolmessa eri tutkimusprojektiossa (Stamm 1998).*

Potilaan paksuuden ja painoindeksin välinen riippuvuus

Painoindeksi I on tarkoitettu kuvaamaan yksinkertaisella ja yhtenäisellä tavalla eri pituisten ihmisten kehon rakennetta. I on kätevä suure, koska kaikki ihmiset tietävät painonsa ja pituutensa ja nämä tiedot on usein merkitty potilaan asiakirjoihin. Painoindeksin määrittämistä varten ei siksi tarvita erillistä mittausta.

Suomessa vuonna 1997 julkaistussa väestöannostutkimuksessa (Rannikko 1997) mitattiin pinta-annoksia yhtenä potilasannossuurena. Jokaisesta potilaasta kirjattiin muistiin tutkimus, projektio ja kaikki potilasannosten laskentaan tarvittavat säteilyn laatu- ja säteilytysparametrit sekä sukupuoli, pituus ja paino. Tästä tutkimusmateriaalista laskettiin potilaiden painoindeksit ja lannerangan AP- ja LAT-projektoiden sekä keuhkon PA-projektion pinta-annokset ja ne piirrettiin painoindeksien funktiona lineaariselle asteikolle (kuvat 2a–4c).

Kuvissa 2a–4c näkyy sama suuntaus kuin kuvissa 1a–1c. Pisteiden poikkeamat pistejoukkoon sovitetuista suorista näyttävät tosin pienemmiltä, mutta todellisuudessa tulosten hajontaa on molemmissa kuvasarjoissa lähes yhtä paljon. Pisteiden poikkeamat suorista vain näyttävät pienemmiltä puolilogaritmisella asteikolla. Näistä havainnoista voidaan päätellä, että luuston vaikutus valotusautomaatin toimintaan aiheuttaa suurimman osan potilasannosten tilastollisesta hajonnasta. Hajonta on niin suurta, että potilasannoksia tarvitaan paljon (vähintään 30 annosta), kun potilasannoksista johdetaan yhdelle röntgenkoneelle ja tutkimusprojektiolle tarkasti sopiva vertailuannos käyttäen perinteistä englantilaista menetelmää. Koko röntgenosaston sisäisen ja kansallisen vertailuannoksen johtamiseen tarvitaan vielä oleellisesti suurempi aineisto, koska eri toiminnoissa on luonnollisia eroja toimipisteiden välillä.

Painoindeksiä voidaan periaatteessa käyttää hyväksi verrattaessa potilasannoksia vertailuarvoihinsa ja määritettäessä vertailuarvoja. Kulmakerroimet k kuvissa 2a–4c kuvaavat havainnollisesti potilasannoksen ja painoindeksin välistä riippuvuutta. Ihmisen kansainvälistä standardikokoa vastaava painoindeksi on 23 kg/m^2 . Kun kuviin 2a–4c merkitään tämän indeksin kohdalle vertailuarvo, ja tämän pisteen kautta piirretään suora, jonka kulmakerroin on k , niin tältä suoralta voidaan lukea minkä hyvänsä painoin-

deksin omaavalle potilaalle sopiva vertailuarvo. Käytännön ongelmana on vain, että kuvissa 2a–4c esitetyt kulmakertoimet poikkeavat paitsi luonnollisella tavalla tutkimusprojektoiden välillä myös miesten ja naisten välillä kymmenien prosenttien rajoissa ilman muita selkeitä selityksiä kuin naisten rintojen vaikutus pinta-annokseen keuhkokuvissa. Huolellisia

Kuva 2 (a – c). *Pinta-annos potilaan painoindeksin funktiona: Lanneranka AP-tutkimusprojektio; mies- ja naispotilaiden tulokset yhdessä ja erikseen (materiaali: Rannikko 1997).*

Kuva 3 (a – c). *Pinta-annos potilaan painoindeksin funtiona: Lanneranka LAT-tutkimusprojektio; mies- ja naispotilaiden tulokset yhdessä ja erikseen (materiaali: Rannikko 1997).*

Kuva 4 (a – c). *Pinta-annos potilaan painoindeksin funktiona: Keuhkotutkimuksen PA-projektio makuulla; mies- ja naispotilaiden tulokset yhdessä ja erikseen (materiaali: Rannikko 1997).*

potilasannosmittauksia on siis tehtävä paljon enemmän, jotta eri tutkimusprojektioiden ominaiset kulmakertoimet k tunnetaan riittävän hyvin.

ESD:n ja DAP:n mittausvertailu

Annoksen ja pinta-alan tulo (*DAP*) voidaan muuntaa pinta-annokseksi (*ESD*) käyttäen kaavaa

$$ESD = (DAP / A) * BF, \quad (3)$$

jossa *A* on säteilykentän ala (korkeus * leveys) potilaan röntgenputken puoleisella pinnalla ja *BF* on säteilyn takaisinsirontakerroin, joka saadaan taulukosta (Toivonen 1998).

Kuvassa 5 on saksalaisessa tutkimuksessa (Stamm 1998) julkaistun *DAP*- ja *ESD*-vertailun tulos. *DAP*- ja *ESD*-mittaukset on tehty vertailukelpoisiksi mittaamalla säteilytetty ala eri potilaiden filmeistä ja laskemalla tarkka säteilykeilan ala *A* kunkin potilaan pinnalla. Kun molemmat suureet on lisäksi mitattu samoista valotuksista, niin luuston vaikutuksesta valotusautomaatin toimintaan aiheutuva mittaustulosten hajonta on eliminoitu vertailun tuloksista. Takaisinsirontakertoimen *BF* arvo kasvaa varsin loivasti potilaan paksuuden funktiona.

Pinta-annoksen funktiona kuvaan 5 piirretyt annoksen ja pinta-alan tulot ovat erittäin tarkasti suoralla. Tästä voidaan päätellä, että molempien mittausmenetelmien tarkkuus on erittäin hyvä verrattuna hajontaan, jonka luuston vaikutus valotusautomaatin toimintaan aiheuttaa potilasannoksiin. Tutkimuksen tuloksista voidaan siten päätellä, että sekä pinta-annosten että annoksen ja pinta-alan tulojen vertailuarvoja voidaan määrittää samasta tutkimusmateriaalista kunhan tietyt ehdot on täytetty annoksia mitattaessa ja tutkimustietoja kirjattaessa. Kahdella menetelmällä mitattuja potilasannoksia voidaan vertailla käyttäen kaavaa (3) myös silloin, kun mittausmenetelmää vaihdetaan tai samoja mittauksia tehdään muusta syystä kahdella menetelmällä.

Painoindeksin hyväksikäyttö verrattaessa potilasannoksia vertailuarvoihinsa

Taulukossa II on eri kokoisten potilaiden painoindeksejä. Sekä standardimiehen että -naisen painoindeksi on 23 kg/m^2 . Otetaan esimerkkinä kuvasta 2b painoindeksiä 23 kg/m^2 vastaava pinta-annos. Tämä on $8,0 \text{ mGy}$. Painoindeksien keskiarvo kuvan 2b vaaka-

Kuva 5. Lanneranka AP-projektion pinta-annoksen (ESD), katso pystyakseli) ja samanaikaisesti mitatun annoksen ja pinta-alan tulon (DAP, katso vaaka-akseli) vertailu (Lähde: Stamm 1998).

akselilla on vähän suurempi (25,5 kg/m²). Tällä tavoin voidaan periaatteessa verrata kaikenkokoisten potilaiden annoksia vertailuarvoihinsa. Käytännössä on kuitenkin tarpeen käyttää graafisia esityksiä, joissa annoksen ja painoindeksin välinen riippuvuus (kulmakerroin k) on tarkempi kuin kuvissa 2a–4c, kuten aiemmassa kappaleessa pohdittiin.

Johtopäätökset

Potilaan painoindeksi voi olla varsin hyödyllinen apuväline verrattaessa annoksia vertailuarvoihinsa röntgenlaite- ja osastokohtaisesti sekä kansallisessa laadunvarmistuskeskuksessa. Ennen menetelmän käyttöönottoa on tarpeen tehdä tässä kirjoituksessa esitettyä paljon laajempi tutkimus asiasta. Tämä tutkimus on aiheellista suunnitella niin, että tuotettavaa materiaalia voidaan käyttää myös muiden ehdotettujen potilasannosten tilastointimenetelmien (esim. potilasta vastaavan lieriön menetelmä (Hart 1996)) kokeiluun.

Taulukko II. Eri painoisten ja pituisten ihmisten painoindeksejä. Standardikokoisen naisen ja miehen tiedot on lihavoitu.

Pituus m	Paino kg	Painoindeksi kg/m²
1,5	35	16
1,5	50	22
1,5	65	29
1,5	90	40
1,6	60	23
1,7	50	17
1,7	70	23
1,7	90	31
1,7	130	45
1,9	70	19
1,9	90	25
1,9	110	30
1,9	150	42

Viitteet

Institute of Physical Sciences. National protocol for patient dose measurements in diagnostic radiology. Dosimetry Working Party of the Institute of Physical Sciences in Medicine. Chilton: National Radiological Protection Board, 1992..

Hart D, Hillier M C, Wall BF, Shrimpton P C, Bungay D. Doses to patients from medical x-ray examinations in the UK – 1995 Review. Raportti NRPB-R289. Chilton: National Radiological Protection Board, 1996.

Euroopan neuvosto. Henkilöiden terveyden suojelemisesta ionisoivan säteilyn aiheuttamilta vaaroilta lääketieteellisen säteilyaltistuksen yhteydessä. Neuvoston direktiivi 97/43/Euratom. Luxemburg 1997.

CEC. Quality criteria for diagnostic radiographic images. EUR 16260 EN, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 1996.

CEC. Reference doses and quality in medical imaging: What the referring practitioner and directing medical staff should know. Radiat. Prot. Dosim. 1998; 80 (1/3), 354 pages.

Toivonen M. Potilasannoksen mittaus röntgentutkimuksissa. Raportissa: Servomaa A (toim.). Säteilyturvallisuus ja laadunvarmistus röntgendiagnostiikassa 1998. STUK-A152. Helsinki: Oy Edita Ab: 53–64.

Stamm G, Saure H-D. Entrance surface dose and its correlation with patient parameters. Radiat. Prot. Dosim. 1998; 80 (1/3): 235–238.

Rannikko S, Karila K ja Toivonen M. Patient and population doses of x-ray diagnostics in Finland. STUK A-144. Helsinki: Oy Edita Ab, 1997: 1-59.

VAHVISTUSLEVYT TERVEYSKESKUKSISSA

Antti Servomaa
Säteilyturvakeskus

Johdanto

Säteilysuojelun optimointiperiaatteen mukaisesti röntgentutkimukset olisi tehtävä mahdollisimman pienellä potilasannoksella edellyttäen, että kuvien laatu riittää luotettavan diagnoosin tekemiseen. Potilasannos onkin keskeisessä asemassa Med-direktiivissä (Neuvoston direktiivi 97/43/Euratom) ja tärkeä röntgenosaston laadunvarmistuksen tason mitta. Potilasannokseen vaikuttavista tekijöistä yksi merkittävimmistä on filmi-vahvistuslevy-yhdistelmä. Suomessa ei ole tehty röntgenosastoilla käytettävien kuvareseptorien herkkyydestä kattavaa tutkimusta. Alustavien tutkimusten mukaan terveyskeskusten röntgenosastoilla kuvareseptorit ovat yleensä epäherkempiä kuin EU:n suositukset.

Tässä artikkelissa tarkastellaan terveyskeskuksissa käytettyjä vahvistuslevyjä ja niiden herkkyysluokitusta. Kuvareseptorin vaihdon kannattavuutta tarkastellaan potilasannossäästön kannalta.

Röntgentutkimukset terveyskeskuksissa

Suomessa on 224 sellaista terveyskeskusta, joissa on röntgentoimintaa. Niissä tehdään yhteensä noin 1,5 miljoonaa röntgentutkimusta vuodessa, mikä on noin 37 % koko maan tutkimusmäärästä. Lasten röntgentutkimuksia (≤ 16 v) tehdään terveyskeskuksissa vuosittain noin 147 000, mikä on 15 % terveyskeskusten koko röntgentutkimusmäärästä ja 42 % koko maan lasten röntgentutkimusmäärästä. Taulukossa I on lueteltu eri tutkimusryhmien tutkimusmäärät terveyskeskuksissa ja niistä aiheutuneet kollektiiviset efektiiviset annokset (Rannikko 1997).

Terveyskeskuksissa käytetyt vahvistuslevyt

Taulukossa II on esitetty otos terveystieteissä käytettyjen vahvistusle-
vyjen suhteellisista herkkyyksistä. Nämä tiedot on kerätty STUKin tekemi-
en tarkastusten yhteydessä.

Taulukko I. Röntgentutkimusmäärät terveyskeskuksissa ja keskimääräiset efektiiviset annokset.

Tutkimus	Tutkimusmäärä/vuosi	Kollektiivinen efektiivinen annos (manSv)
Luusto (ilman ylä- ja alaraajoja)	480 000	434
Hengityselimistö	505 000	50
Ruoansulatuselimistö	32 000	70
Virtsatiet yms.	5 500	26
Yhteensä		580

Vahvistuslevyjen suhteelliset herkkyyydet

Vahvistuslevy-filmi-yhdistelmän herkkyymen määrittämiseksi on kansainvälinen standardi (ISO9236-1, 1996). Siinä määritellään mm. sensitometrin käyrän muoto, jyrkkyys ja kuvareseptorin herkkyymen määrittämistapa.

Taulukossa III on esitetty eri valmistajien/myyjien ilmoittamia vahvistuslevyjen suhteellisia herkkyymiä. Taulukossa IV on esitetty EU:n suositukset aikuisten ja lasten röntgentutkimuksissa käytettävien kuvareseptorien herkkyymistä (European Commission 1996a ja 1996b).

Taulukko II. Vahvistuslevyjen suhteellinen herkkyys 103 terveyskeskuksessa.

Vahvistuslevyt Bucky ja thorax-kuvaus	Kpl	Suhteellinen herkkyys			
		100	200	400	600
Sama yhdistelmä molemmissa Kuvauksissa	77	4	54	19	-
Eri vahvistuslevyt (Bucky-herk. Mukaan)	19		7	12	
Bucky tai thorax vain ilmoitettu.	7	-	5	2	-

Yhteensä	103 kpl	4 (4 %)	66 (64 %)	33 (32 %)
-----------------	----------------	----------------	------------------	------------------

Taulukko III. Valmistajien ilmoittamia vahvistuslevyjen suhteellisia herkkyksiä.

Agfa		Tamro		Kodak	
Vahvistuslevy	Suht. herkkyys	Vahvistuslevy	Suht. herkkyys	Vahvistuslevy	Suht. herkkyys
Curix Blue U8	700	CaWO OG2	100	Kodak Lanex Fine	100
Curix Blue R4	400	CaWO OG4	200	Kodak X-omatic Regular	200
Curix Blue C2	200	CaWO OG8	400	Kodak Lanex Medium	250
Curix Blue C1	100	CaWO OG16	800	Kodak Lanex Regular	400
Curix Fin	50	CaWO SE1	100	Kodak Lanex Fast	600
Curix Universal	100	CaWO SE2	200	Kodak Lanex Regular/T-MAT H-filmi	800
Curix Special	200	CaWO SE4	400	Kodak Lanex Fast/T-MAT H-filmi	1200
Curix MR200	200	CaWO SE8	800	3M Vahvistuslevy Suht. herkkyys	
Curix MR400	400	CaWO FIN	50		
Curix MR800	800	CaWO Universal	100		
Curix Ortho Fine	100	CaWO Rapid	150	Trimax Fine	100
Curix Ortho Medium	200	CaWO Special	200	Trimax Fast Detail	300
Curix Ortho Regular	400	Fuji HR Fine	100	Trimax Medium	400
Curix Ortho Fast	700	Fuji HR Medium	200	Trimax Regular	600
Curix Blue 200 HC	200	Fuji HR Regular	400	Trimax Fast	800
Curix Blue 400 HC	400	Fuji HR Fast	600		
Curix Blue 800 HC	800				

Useissa Euroopan maissa (11 maata, 121 röntgenosastoa) tehty selvitys vahvistuslevyjen käytöstä lasten röntgentutkimuksissa osoitti huomattavan

laajaa vaihtelua niiden herkkyyksissä (Schneider 1992). Noin 25 % röntgenosastoista käyttää herkkyydeltään alle 200 olevia vahvistuslevyjä, noin 35 % herkkyyttä 200, noin 30 % herkkyyttä 400 ja noin 10 % herkkyyttä 600 tai vielä herkempiä vahvistuslevyjä. EU:n työryhmä suosittaa lasten röntgen-tutkimuksiin herkkyysä 400 - 800. Suomessa herkkyydeltään alle 200 vahvistuslevyjä käytetään vähemmän ja herkkyys 200 vahvistuslevyjä huomattavasti enemmän kuin em. tutkimuksissa.

Taulukko IV. EU:n suositukset aikuisten ja lasten röntgentutkimuksissa käytettävistä kuvareseptoreiden herkkyysistä.

Tutkimus	Kuvareseptorin herkkyys	
	Aikuiset	Lapset
Kallo	400	400 - 800
Keuhkot	400	400 - 800
Lanneranka	400	400 - 800
Koko ranka		600 - 800
Abdomen		400 - 800
Virtsatiet	400	400 - 800
MCU		400 - 800
Lantio	400	400 - 800

Filminmyyjien mukaan vahvistuslevyt kestävät noin 5 - 8 vuotta ja tiiviissä käytössä kasetit tulisi vaihtaa vähintään 5 vuoden välein. STUKin havaintojen mukaan useissa paikoissa käytetään samoja vahvistuslevyjä yli 10 vuotta.

Kuvareseptorin valinnan kriteerit

Kuvareseptorin valintaan vaikuttavat useat tekijät, mm. hinta, herkkyysluokka, jyrkkyys/loivuus. Kun on valittava kuvareseptori paikkaan, jossa tehdään runsaasti erilaisia tutkimuksia nuorille ja vanhoille, on tehtävä kompromisseja. Jotkut tutkimukset vaativat loivaa kuvareseptoria ja jotkut jyrkkää. Kun kaikkia vaihtoehtoja ei varmaankaan voida hankkia röntgenosastolle, täytyy tehdä kompromisseja ja valita yleiskäyttöisiä kuvareseptoreita. Hinta ei kuitenkaan saisi olla hankinnan määräävänä tekijänä. Suomessa käytetyt vahvistuslevyjien herkkyys poikkeavat huomattavasti EU:n suosituksista. Ajankohtaiseksi kysymykseksi muodostuukin, soveltuvatko 400-herkkyysluokan vahvistuslevyt käytettäviksi terveyskeskuksissa

ja 800-herkkyysluokan vahvistuslevyt diagnoosin tekoon lapsilla. Radiologien tulee vastata näihin kysymyksen.

Kuvareseptorin vaihdosta aiheutuvat annossäästöt

Terveyskeskusten röntgentoiminnasta aiheutuu vuosittain noin 550 manSv kollektiivinen annos eli vahvistuslevyjen oletetun käyttöiän aikana (6 v) noin 3300 manSv. Nykyisellä vahvistuslevyjen herkkyysjakaumalla (suhteelliset herkkyudet 100 (4 %), 200 (64 %), 400 (32 %)), 100-herkkyysluokan vahvistuslevyjen käytöstä aiheutuu noin 300 manSv kollektiivinen annos, 200-herkkyysluokan vahvistuslevyjen käytöstä noin 2400 manSv kollektiivinen annos ja 400-herkkyysluokan vahvistuslevyjen käytöstä noin 600 manSv kollektiivinen annos. Jos kaikkien kuvareseptoreiden herkkyysluokka olisi 400, olisi kokonaissäästö noin 1400 manSv kuudessa vuodessa eli vahvistuslevyjen keskimääräisen käyttöiän aikana. Tämä vähentäisi säteilystä aiheutuvien syöpäkuolemien arvioitua määrää noin 70:llä ja muiden säteilysyöpien määrää saman verran.

- Kirjallisuudessa on esitetty tutkimustuloksia herkemmän kuvareseptorin vaihdon kannattavuudesta (Ginsberg 1998). Tällöin on tarkasteltu kustannuksina kuvareseptorin hankintahintaa ja saavutettuna hyötynä potilasannoksen pienenemistä ja siitä aiheutuvana syöpätapausten laskennallisen määrän pienenemisenä, röntgenputken käyttöiän pitenemisenä ja siitä aiheutuvana kustannusten alenemisena. Israelissa tehty tutkimus osoitti, että siirryttäessä käyttämään herkkiä maametallivahvistuslevyjä niiden hankinnasta aiheutuisi noin 3 miljoonan dollarin kustannukset, mutta säästettäisiin 6,6 miljoonaa dollaria vuosina 1997 - 2006 pääasiassa röntgenputkikustannuksissa. Lisäksi säästettäisiin 510 syöpäkuolemaa ja 510 syöpätapausta.

Viitteet

Euroopan neuvosto 1997. Henkilöiden terveyden suojelemisesta ionisoivan säteilyn aiheuttamilta vaaroilta lääketieteellisen säteilyaltistuksen yhteydessä. Neuvoston direktiivi 97/43/Euratom. Luxemburg 1997.

European Commission. European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images. EUR 16260 EN. Brussels, Luxemburg, 1996a.

European Commission. European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images in paediatrics. EUR 16261 EN. Brussels, Luxembourg, 1996b.

Ginsberg GM, Schlesinger T, Ben-Shlomo A, Kushilevsky A, Margaliot M, Oren M, Finkleman M, Friedman A, Handelsman M, Lev B. An economic evaluation of the use of rare earth screens to reduce the radiation dose from diagnostic x-ray procedures in Israel. *Brit. J. Radiol.* 1998; 71: 406-412.

International Organisation for Standardization. International standard: Photography-sensitometry of screen/film system for medical radiography Part 1: Determination of sensitometric curve shape. Speed and average gradient. ISO 9236-1. 1996 (E).

Rannikko S, Karila KTK, Toivonen M. Patient and population doses of x-ray examinations in Finland. STUK-A144. Helsinki: Oy Edita Ab, 1997: 1-59.

Schneider K, Fendel H. Results of a dosimetry study in the European Community on frequent x-ray examinations in infants. *Radiat. Prot. Dosim.* 1992; 43: 31-36.

IONISOIVAN SÄTEILYN VUOSIANNOKSET JA RISKIARVIOT SUOMESSA

Antti Servomaa, Matti Suomela, Tuomo Komppa
Säteilyturvakeskus

Yksilöön kohdistuvan säteilyaltistuksen kuvaamiseen käytettäviä suuria ovat *elinten ja kudosten ekvivalenttiannokset* ja niiden perusteella laskettava *efektiivinen annos* (ICRP 60, 1991). Tietyn ryhmän tai koko väestön säteilyaltistusta kuvaavat vastaavasti *elinten keskimääräiset* tai *kollektiiviset ekvivalenttiannokset* ja *keskimääräinen* tai *kollektiivinen efektiivinen annos*. Tarkasteltavan ryhmän kollektiivinen annos on ryhmän keskimääräinen annos kerrottuna ryhmään kuuluvien lukumäärällä. Sekä keskimääräinen että kollektiivinen annos kuvaavat ryhmän kokonaisaltistusta, mutta eivät kerro mitään yksilöannoksista ja niiden vaihtelusta ryhmän sisällä. Niitä voidaan käyttää arvioitaessa säteilyaltistuksesta aiheutuvaa keskimääräistä terveydellistä riskiä. Keskimääräinen annos on verrannollinen terveyshaitan todennäköisyyteen ja kollektiivinen annos haittatapausten lukumäärään.

Taulukossa I esitetään eri säteilylähteistä aiheutuva ionisoivan säteilyn keskimääräinen ja kollektiivinen efektiivinen vuosiannos Suomen väestölle. Lisäksi esitetään likimääräiset arviot syövän ilmaantuvuuden ja syöpäkuolleisuuden säteilyriskikertoimista sekä säteilyperäisten syöpätapausten ja syöpäkuolemien lukumääristä. Tarkasteltavista säteilyaltistuksista toiset kohdistuvat koko väestöön, toiset pienempiin ryhmiin. Esimerkiksi säteilytyöntekijöiden työperäinen säteilyannos on keskimäärin noin 0,5 mSv työntekijää kohti vuodessa. Sen vaikutus koko väestön annoskeskiarvoon on vain noin 0,001 mSv vuodessa.

Toisaalta myös sädehoitopotilaiden ryhmä on suhteellisen pieni, mutta ryhmän osuus väestön kokonaisannoksesta on huomattava. Sädehoidossahan potilaalle annetaan kohdealueeseen hyvin suuri säteilyannos siinä olevan syöpäkasvaimen tuhoamiseksi. Hoidosta aiheutuu myös deterministisiä säteilyhaittoja terveille kudoksille ja elimille kohdealueen ympäristössä ja säteilykeilan alueella. Niiden huomioonottaminen on osa sädehoidon suunnittelua. Efektiivinen annos kuvaa stokastisten säteilyhaittojen todennäköisyyttä, joita ovat säteilyn aiheuttama syöpä ja perinnölliset muutokset. Näiden haittavaikutusten arvioimiseksi otetaan sädehoidosta aiheutuvassa

efektiivisessä annoksessa huomioon vain kohdealueen ulkopuolisten kudosten ja elinten saamat annokset. Yleensä sädehoitopotilaiden kollektiivista annosta ei ole laskettu yhteen muiden väestöannosten kanssa, koska ne eivät ole suoraan vertailukelpoisia keskenään.

Taulukossa esitetään kunkin altistuslähteen kohdalla kirjallisuusviite, jota on käytetty annosarvion perusteena. Taulukossa olevat, riskikertoimiin perustuvat syöpätapausten ja syöpäkuolemien lukumääräarviot tarkoittavat kokonaismääriä, jotka yhden vuoden kollektiivisen annoksen odotetaan aiheuttavan tulevaisuudessa. Ne voidaan tulkita myös vuotuisiksi lukumääriksi, jos väestön säteilyaltistuksen katsotaan jatkuneen ja jatkuvan samanlaisena kymmeniä vuosia.

Taulukon I perusteet

a) Radonaltistukseen liittyvissä riskitarkasteluissa ei yleensä käytetä efektiivistä annosta, mutta sitä tarvitaan verrattaessa radonaltistusta annosrajoihin ja muihin altistuslähteisiin. Asuntojen sisäilman keskimääräinen radonpitoisuus Suomessa on noin 120 Bq/m^3 (Castrén 1996). Kertomalla se efektiivisen vuosiannoksen ja asunnon radonpitoisuuden välisellä muuntokertoimella $0,017 \text{ mSv/(Bq/m}^3)$ saadaan keskimääräiseksi efektiiviseksi vuosiannokseksi noin $2,0 \text{ mSv}$. Annosta laskettaessa on käytetty ICRP 65:n esittämää muuntokerrointa (ICRP 65, 1993).

b) Suomalaisessa radonaltistuksen epidemiologisessa tutkimuksessa tutkittiin keuhkosityövän ilmaantuvuutta (Auvinen 1996, 1998). Tuloksen perusteella on arvioitu, että sisäilman radon voi aiheuttaa Suomessa noin 200 keuhkosityöpätapausta vuodessa. ICRP 60:n esittämän kuolleisuuskertoimen (95 %) perusteella laskettuna tämä merkitsee noin 190 keuhkosityöpäkuolemaa. Tästä saadaan ICRP 60:n efektiivisen annoksen riskikertoimen (5 %/Sv) perusteella kollektiiviseksi efektiiviseksi annokseksi 3800 manSv ja keskimääräiseksi efektiiviseksi annokseksi $0,76 \text{ mSv}$ vuodessa, mikä on huomattavasti pienempi kuin ICRP 65:n perusteella arvioitu annos. Suomalaista tulosta vastaava efektiivisen vuosiannoksen ja asunnon radonpitoisuuden välinen muuntokerroin olisi noin $0,006 \text{ mSv/(Bq/m}^3)$. Kohdat a) ja b) sekä tulosten epävarmuudet huomioon ottaen muuntokerroin näyttäisi olevan suuruusluokaltaan noin $0,01 \text{ mSv/(Bq/m}^3)$.

c) Juomavedessä olevasta radonista aiheutuva efektiivinen annos (radon juomaveden mukana vatsaan) lasketaan muuntokertoimella 0,0018 mSv/(Bq/l) (Kendal 1988) ja ilmaan vapautuneesta radonista ICRP 65:n mukaan kertoimella 0,017 mSv/(Bq/m³). Juomaveden mukana seuraavista radioaktiivisista aineista on arvioitu aiheutuvan noin 36 syöpäkuolemaa vuodessa. Juomavedestä huoneilmaan vapautuneen radonin on arvioitu aiheuttavan vuodessa noin 28 keuhkosityöpäkuolemaa, jotka sisältyvät sisäilman radonin aiheuttamiin tapauksiin (Salonen 1995). Syöpätapausten lukumäärät taulukossa I on arvioitu käyttäen kuolleisuuskertoimelle arvoa 50 % kaikkien muiden syöpien paitsi radonin aiheut-

taman keuhkosyövän kohdalla. Se vastaa suunnilleen syöpäkuolemien osuutta kaikista syöpätapauksista Suomessa (Suomen Syöpärekisteri 1997). Myös edellä käytetty keuhkosyövän kuolleisuuskertoimen sopii yhteen suomalaisten tilastojen kanssa.

d, e) Röntgentutkimuksista aiheutuva efektiivinen annos on laskettu ICRP 60:n mukaisesti potilasannosmittauksista saatujen elinkohtaisten annosten perusteella (Rannikko 1997), radionukliditutkimuksista aiheutuva annos potilaalle annetun radionuklidin aktiivisuuden perusteella (Korpela 1999). Säteilyriskikertoimelle on tässä käytetty arviota 4 %/Sv, koska potilaat keskimäärin ovat vanhempia kuin koko väestö keskimäärin, ja lasten osuus röntgentutkimuksista on selvästi pienempi kuin lasten osuus väestöstä (Servomaa 1997a). Näin arvioiden röntgentutkimuksista aiheutuu noin 100 ja radionukliditutkimuksista noin 8 syöpäkuolemaa vuodessa.

f) Säteihoidosta aiheutuu UNSCEARin mukaan kehittyneissä maissa keskimäärin noin 0,7 mSv efektiivinen annos asukasta kohti vuodessa (UNSCEAR 1993, Servomaa 1994). Samoilla perusteilla arvioiden säteihoidosta Suomessa aiheutuu suuruusluokaltaan noin 0,6 mSv keskimääräinen efektiivinen annos asukasta kohti vuodessa (Komppa 1996). Säteihoitopotilaiden riskiä kuolla säteihoidon aiheuttamaan syöpään vähentää se, että sädehoitopotilaat keskimäärin ovat suhteellisen vanhoja ja saattavat kuolla alkuperäiseen sairauteen ennen kuin mahdollinen sekundaarisyöpä ilmaantuu. Efektiivisen annoksen riskikertoimeksi sekundaarisyöpäkuoleman osalta on tässä arvioitu noin 2 %/Sv, ja sitä vastaava lukumääräarvio on noin 60 syöpäkuolemaa vuodessa. Näiden epävarmojen arvioiden mukaan siis säteihoidosta näyttää aiheutuvan suurempi kollektiivinen annos, mutta vähemmän syöpäkuolemia kuin röntgentutkimuksista.

g) Työperäisen säteilyaltistuksen seurannassa mitattujen ulkoisten vuosiansiannon summa on noin 6 – 7 manSv, mistä ydinenergian osuus on noin 4 – 5 manSv, terveydenhuollon osuus noin 2 manSv ja muun toiminnan osuus noin 0,4 manSv (Havukainen 1998). Terveydenhuollossa henkilökunta käyttää säteilysuojaimia ja annos mitataan suojaimen päältä, jolloin efektiivinen annos on tyypillisesti noin 1/10 dosimetrin lukemasta (Hyvönen 1994, UNSCEAR 1988) ja työperäinen kollektiivinen efektiivinen annos noin 0,2 manSv. Radionukliditutkimuksissa on ruvettu yhä enemmän käyttämään lyhytikäisiä isotooppeja, mikä on pienentänyt henkilökunnan saamia annoksia. Lisäk-

si siirtyminen radionuklidimenetelmistä muihin kuvantamismenetelmiin on vähentänyt ionisoivan säteilyn aiheuttamaa altistusta.

h) Maaperästä tulevan ulkoisen säteilyn aiheuttama keskimääräinen efektiivinen annos Suomessa on 0,45 mSv vuodessa, mikä on hyvin lähellä koko maailman keskiarvoa (UNSCEAR 1993, Castrén 1994).

i) Kosmisesta säteilystä aiheutuva keskimääräinen efektiivinen annos koko maailmassa on 0,38 mSv vuodessa, Suomessa noin 0,3 mSv vuodessa (Castrén 1994). Luonnon taustasäteilyn (ulkoinen säteily maaperästä ja kosminen säteily avaruudesta) yhteinen vuosiannos vastaa suunnilleen annosnopeutta 0,1 μ Sv/h, joka on tyypillinen annosnopeustaso suurimmassa osassa Suomea.

j) Luonnon radioaktiivisuudesta kehossa aiheutuva keskimääräinen efektiivinen vuosiannos maailmassa on 0,23 mSv, mistä 0,17 mSv tulee K-40:stä ja 0,06 mSv U-238- ja Th-232-sarjoista (UNSCEAR 1993). Tässä on huomioitu ilmasta, ruuasta ja vedestä aiheutuva annos. Suomea koskeva arvio on noin 0,2 mSv vuodessa. Jos lasketaan mukaan porakaivovesien sisältämä radon, joka taulukossa sisältyy juomaveden radoniin, on keskimääräinen annos yhteensä noin 0,3 mSv. (Castrén 1994).

k) Ydinasekokeet ja Tshernobylin laskeuma aiheuttavat sekä ulkoisia että sisäisiä säteilyannoksia väestölle. Ulkoinen säteilyaltistus aiheutuu maaperään tulleiden radioaktiivisten aineitten lähettämästä säteilystä. Sisäisen säteilyaltistuksen aiheuttavat hengitysilman, elintarvikkeiden ja juomaveden mukana elimistöön tulleet radioaktiiviset aineet, mutta käytännössä elintarvikkeissa saadun aktiivisuuden määrä on tärkein.

Koska Tshernobylin ydinvoimalaitosonnettomuuden aiheuttamassa laskeumassa oli alkuvaiheessa mukana myös lyhytikäisiä radioaktiivisia aineita, ulkoiset säteilyannokset olivat alussa suurempia kuin myöhemmin, kun jäljellä on vain pitkäikäisiä radioaktiivisia aineita. Tällä hetkellä niistä jäljellä on pääasiassa vain radioaktiivista cesium-137:ää, jonka puoliintumisaika on 30 vuotta.

Sisäiset säteilyannokset olivat suurimmillaan vuonna 1987 ja ovat sen jälkeen vähitellen pienentyneet. Alkuvaiheessa sisäiset säteilyannokset aiheutuivat pääasiassa cesium-137:stä ja cesium-134:stä. Viimeksi mainitun puoliintumisaika on vain kaksi vuotta, joten se on käytännössä hävinnyt

elinympäristöstämme. Tämän vuoksi myös sisäinen säteilyannos aiheutuu tällä hetkellä vain cesium-137:stä.

Tshernobylin laskeumasta suomalaisille aiheutuva ulkoinen annos 50 vuoden ajalta on keskimäärin 1.1 mSv ja sisäinen annos keskimäärin 0,63 mSv, yhteensä 1,7 mSv. Vuonna 1995 oli ulkoisen ja sisäisen säteilyn aiheuttama vuosiannos asukasta kohti yhteensä noin 0,04 mSv. Samaa luokkaa on myös 50 vuoden jaksolta laskettu keskimääräinen vuosiannos. (Suomela 1997, Servomaa 1997b)

Yhteenveto

Useimmat edellä mainituista annos- ja haitta-arvioista ovat tarkkuudeltaan vain suuruusluokka-arvioita, ja ne voivat myös muuttua ajan kuluessa. Jotkin altistuslähteet pysyvät suhteellisen muuttumattomina, kuten kosminen säteily, ulkoinen säteily maaperästä sekä luonnon radioaktiivisuus kehossa. Näiltä altistuslähteiltä ei voida tehokkaasti suojautua. Lääketieteellisessä säteilynkäytössä potilasannokset pienenevät jatkuvasti, kun uusia kuvantamismenetelmiä otetaan käyttöön, laadunvarmistus tehostuu ja suojausmenetelmät paranevat. Sisäilman radonin kohdalla voidaan myös erilaisilla rakennus- ja korjausmenetelmillä tehokkaasti vähentää asukkaiden altistumista. Tshernobylin laskeuman aiheuttama vuotuinen altistus pienenee hitaasti vuosien kuluessa. Vuoden 1995 annos edustaa myös 50 vuoden keskimääräistä vuosiannosta.

Sisäilman radonaltistuksessa epidemiologinen tulos ja ICRP 65:n mukaan laskettu haitta eroavat toisistaan siten, että epidemiologiset tutkimukset antavat huomattavasti pienemmän keuhkosityöpämäärän. Tilanne tarkentuu lähitulevaisuudessa. Kaikkiaan Suomessa sairastuu syöpään noin 20 000 ihmistä vuodessa, ja syöpään kuolee noin 10 000 ihmistä vuodessa. Edellä olevan arvion mukaan noin 6 - 7 % syöpäilmaantuvuudesta ja 7 - 10 % syöpäkuolemista saattaa aiheutua ionisoivasta säteilystä ja noin 2 % lääketieteellisestä säteilynkäytöstä, sädehoito mukaan lukien.

Säteilyn käytön ja muun säteilytoiminnan perusteena on aina siitä saatava hyöty. Jotta toiminta olisi oikeutettua, hyödyn pitää olla suurempi kuin siitä aiheutuva säteilyhaitta. Lääketieteellisessä säteilynkäytössä lähtökohtana on lääkärin arvioima tutkimuksen tai hoidon tarve ja potilaan saama diagnostinen tai hoidollinen hyöty. Saatu hyöty ei kuitenkaan vähennä säteilys-

tä potilaalle mahdollisesti aiheutuvien haitallisten myöhäisvaikutusten riskiä. Edellä on tarkasteltu erilaisten säteilylähteiden aiheuttamia säteilyannoksia ja terveydellisiä haittoja kiinnittämättä huomiota niistä mahdollisesti saatavaan hyötyyn. Kun tarkastellaan potilastutkimusten tai muun säteilytoiminnan oikeutusta ja optimointia kokonaisuutena, olisi kaikkea toiminnasta saatavaa hyötyä verrattava kaikkiin haittoihin ja kustannuksiin.

Viitteet

Auvinen A, Mäkeläinen I, Hakama M, Castrén O, Pukkala E, Reisbacka H, Rytömaa T. Indoor radon exposure and risk of lung cancer: Nested case-control study in Finland. *J. Natl. Cancer Inst.* 1996; 88: 966-972.

Auvinen A, Mäkeläinen I, Hakama M, Castrén O, Pukkala E, Reisbacka H, Rytömaa T. Radon erratum. *J. Natl. Cancer Inst.* 1998; 90: 401-402.

Castrén O. Altistuminen luonnon säteilylähteille. Raportissa: Auvinen A, Castrén O, Hyvönen H, Komppa T, Mustonen R, Paile W, Rytömaa T, Salomaa S, Servomaa A, Servomaa K, Suomela M. Säteilyn lähteet ja vaikutukset. STUK-A117. Helsinki: Säteilyturvakeskus, 1994: 13-28.

Castrén O. Application of risk models to indoor radon exposure. *Environment International* 1996; 22 (1): 1025-1035.

Havukainen R (Toim.). Säteilyn käyttö ja muu toiminta vuonna 1997. STUK-B-STO 36. Helsinki: Oy Edita Ab, 1998.

Hyvönen H. Työperäinen säteilyaltistus. Raportissa: Auvinen A, Castrén O, Hyvönen H, Komppa T, Mustonen R, Paile W, Rytömaa T, Salomaa S, Servomaa A, Servomaa K, Suomela M. Säteilyn lähteet ja vaikutukset. STUK-A117. Helsinki: Säteilyturvakeskus, 1994: 88-105.

International Commission on Radiological Protection. Protection against radon-222 at home and at work. ICRP Publication 65. Oxford: Pergamon Press, 1993.

International Commission on Radiological Protection. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 60. Oxford: Pergamon Press, 1991.

Kendall GM, Fell TP, Phipps AP. A Model to evaluate doses from radon in drinking water. Radiat. Prot. Bull. 1988; 97: 7-8.

Komppa T. Säteilyaltistus ja säteilyriskit eri tutkimuksissa ja toimenpiteissä. Sädeturvapäivät, Tampere 17. - 18.10.1996. Luentolyhennelmä.

Korpela H. Radioaktiivisten lääkeaineiden käyttö Suomessa vuonna 1997. STUK-B-STO 37. Helsinki: Oy Edita Ab, 1999: 1-23.

Rannikko S, Karila K, Toivonen M. Patient and population doses of x-ray diagnostics in Finland. STUK-A144. Helsinki: Oy Edita Ab, 1997: 1 - 59.

Salonen L. Luonnon radioaktiiviset aineet pohjavesiongelmanä Suomessa. Vesitalous 1995; 4:13-18.

Servomaa A, Komppa T. Lääketieteellinen säteilyaltistus. Raportissa: Auvinen A, Castrén O, Hyvönen H, Komppa T, Mustonen R, Paile W, Rytömaa T, Salomaa S, Servomaa A, Servomaa K, Suomela M. Säteilyn lähteet ja vaikutukset. STUK-A117. Helsinki: Säteilyturvakeskus, 1994: 60-88.

Servomaa A, Komppa T. Röntgentutkimusten riski vähäinen verrattuna hyötyyn. ALARA 1997; 3:4-7.

Servomaa A, Komppa T. Suomalaisten keskimääräinen säteilyaltistus. Raportissa: Servomaa A (toim.). Säteilyturvallisuus ja laadunvarmistus röntgendiagnostiikassa 1998. STUK-A152. Helsinki: Oy Edita Ab, 1998: 40-41.

Servomaa A, Komppa T, Suomela M. Assessment of radiation-induced cancer risks from the Chernobyl fallout in Finland. One decade after Chernobyl: Summing up the consequences of the accident. Poster presentations. International Conference held in Vienna, 8-12 April 1996. IAEA-TECDOC-964, 1997; 1: 169-176.

Suomela M, Rahola T. Internal radiation doses of people in Finland after the Chernobyl accident. One decade after Chernobyl: Summing up the consequences of the accident. Poster presentations. International Conference held in Vienna, 8-12 April 1996. IAEA-TECDOC-964, 1997; 2: 197-204.

Suomen Syöpärekisteri. Cancer incidence in Finland 1995. Finnish Cancer Registry. Cancer Society of Finland. Publication No. 58. Helsinki 1997.

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 1993 Report. United Nations, New York: 1993.

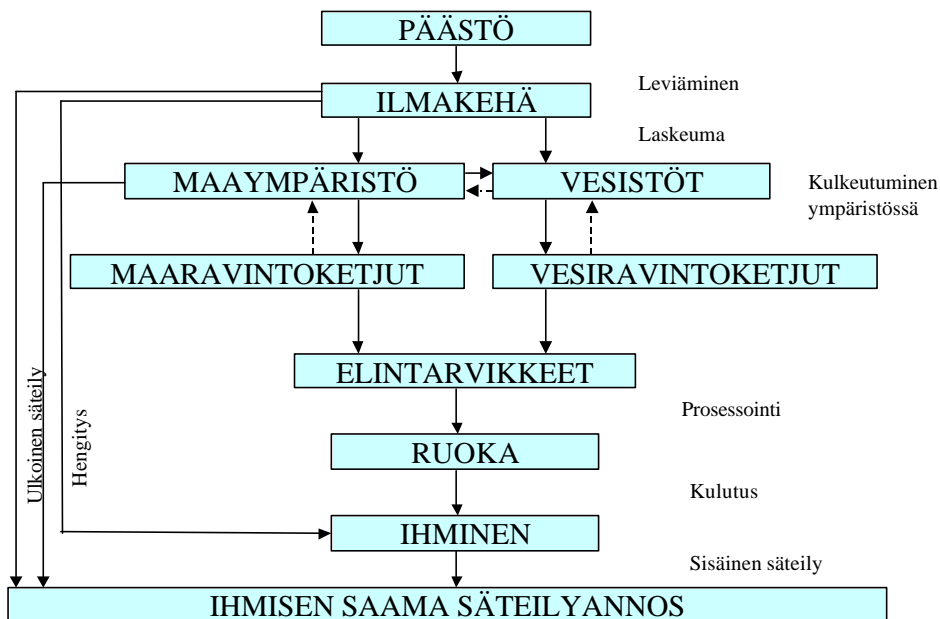
United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources, effects and risks of ionizing radiation. UNSCEAR 1988 Report. United Nations, New York: 1988.

RADIOAKTIIVISET AINEET ELINTARVIKKEISSA

Aino Rantavaara, Eila Kostinen, Ritva Saxén
Säteilyturvakeskus

Johdanto

Keväällä 1986 maahamme Tshernobylistä kulkeutunut radioaktiivinen cesium on vielä osittain mukana ihmiselle tärkeiden ekosysteemien ravinnekierrossa. Vähäisessä määrin vielä myös ilmakehässä tehdyistä ydinkokeista aiheutuneen laskeuman radioaktiiviset aineet näkyvät ympäristössä, eniten Pohjois-Suomessa. Ravintoketjujen kautta laskeuman radioaktiivisia aineita kulkeutuu myös ihmisiin. Maa- ja vesiympäristön elintarvikkeiden kautta laskeuman radioaktiiviset aineet aiheuttavat ihmiselle sisäistä säteilyannosta, ja ympäristön radioaktiiviset aineet altistavat ihmistä ulkoiselle säteilylle.



Kuva 1. Radioaktiivisen laskeuman kulkeutuminen ympäristössä ja ihmisen altistuminen säteilylle (Aaltonen H. et. al, 1995).

Säteilyturvakeskus (STUK) seuraa jatkuvasti kotimaisten elintarvikkeiden radioaktiivisuutta. Peruselintarvikkeet, jotka ovat peräisin maataloudesta, ovat jo kauan olleet lähes puhtaita. Luonnosta hankittavissa elintarvikkeissa: sienissä, metsämarjoissa, riistanlihassa ja järvikalassa on sen sijaan vielä laskeumasta peräisin olevaa ^{137}Cs :ää. Radioaktiivisen cesiumin pitoisuudet ovat kuitenkin niin vähäisiä, että kotimaisia elintarvikkeita voi käyttää rajoituksetta.

Cesiumin kulkeutuminen ympäristössä

Maatalousympäristö

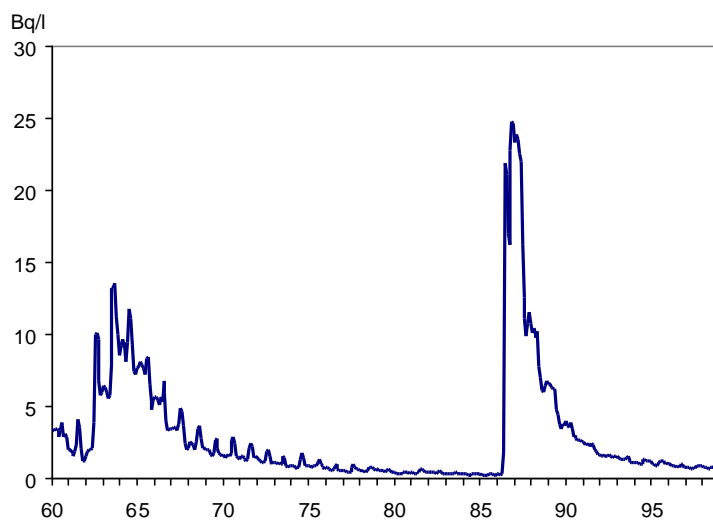
Nopeimmin Tshernobyl-laskeuman jälkeen saastuivat maataloustuotteet, joiden radioaktiivisuus lisääntyi eniten ensimmäisellä laskeuman jälkeisellä kasvukaudella. Silloin kaikkien radioaktiivisten aineiden pitoisuudet elintarvikkeissa olivat suurimmat (Rantavaara et. al., 1987).

Maito saastuu nopeasti laskeuman jälkeen. Maitoon ja muihin kotieläintuotteisiin radionuklidit siirtyvät pääasiassa rehun kautta. Lyhytikäisten jodiisotooppien siirtyminen maitoon on tehokasta. Vajaa prosentti lehmien päivittäisen rehun sisältämästä radiojodista tai -cesiumista siirtyy yhteen maitolitraan (Aaltonen et. al, 1995). Sekä radiojodi että -cesium siirtyvät myös naudanlihaan. Ihmisen ravintokasvit voivat saastua laskeumasta suoraan.

Maataloustuotteiden radionuklidipitoisuudet saavuttavat yleensä maksiminsa ensimmäisenä vuonna. Pitoisuudet vähenevät eniten seuraavana vuonna, sen jälkeen hitaammin. Toisesta kasvukaudesta alkaen lyhytikäiset radioaktiiviset aineet ovat hävinneet ympäristöstä, ja pitkäikäiset ^{90}Sr ja ^{137}Cs alkavat vähentyä maidosta ja viljelyskasveista ja ^{137}Cs myös lihasta. Keskipitkän puoliintumisajan radioaktiivisia aineita voi vielä tällöin kulkeutua elintarvikkeisiin.

Laskeumaa seuraavina vuosina kasvit ottavat radionuklideja vain maasta. Runsaasti ravinteita sisältävästä viljelysmaasta cesiumin siirtyminen kasveihin on vähäisempää kuin luonnon ympäristöstä, jossa on usein niukasti

ravinteita. Peltöjen kyntäminen ja muokkaus siirtävät maanpinnalle laskeuman mukana tulleen cesiumin kasvien juurten ulottuville. Peltöjen hienojakoisin kivennäismaa, savi, sitoo tiukasti cesiumin ja vain pieni osa siitä on kasveihin siirtyvässä muodossa. Maataloustuotteet ovat jo vuosia olleet käytännöllisesti katsoen puhtaita Tshernobyl-laskeuman nuklideista (Ranta-vaara A, 1994).



Kuva 2. Tuotannolla painotetut maidon ^{137}Cs -pitoisuudet (Bq/l) Suomessa 1960 – 1998.

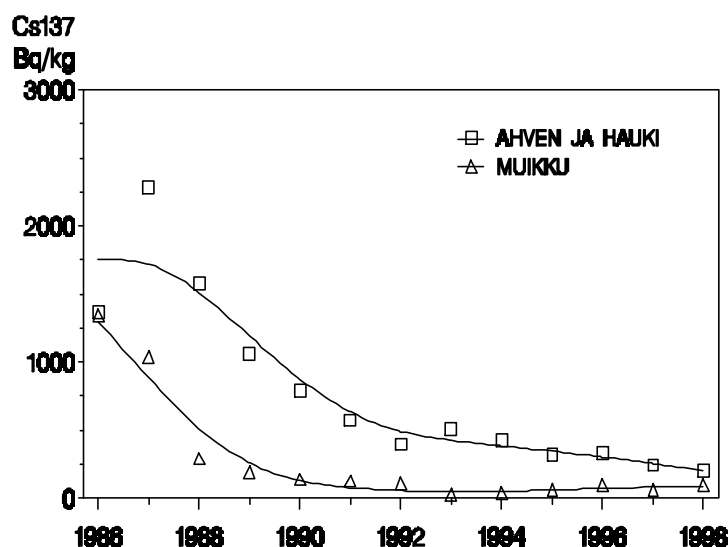
Kuluvalla satokaudella maataloustuotteiden ^{137}Cs :n keskipitoisuudet vaihtelevat välillä 1 - 10 Bq/kg tai Bq/l.

	Keskipitoisuus	Vaihteluväli
Maito	n. 1	0,1 – 4
Naudanliha	< 10	1 – 20
Sianliha	< 5	0,5 – 5
Vilja, perunat, juurekset, puutarhamarjat	< 2	0 – 5
Vihannekset	< 2	0 - 10

Vesiympäristö

Suora laskeuma saastuttaa pintaveden samalla tavalla kuin maa-alueetkin. Tshernobyl-laskeuman yhteydessä jääpeite hidasti järvien saastumista. Kaloista nopeimmin saastuivat planktonia syövät lajit: muikku, särkikalat ja pienet ahvenet. Niiden radiocesiumpitoisuudet olivat korkeimmillaan muu-

taman kuukauden päästä laskeumasta, mutta pitoisuudet kääntyivät laskuun jo onnettomuusvuonna. Monivaiheisen ravintoketjun takia petokalat, kuten hauki, kuha ja isot ahvenet, saavuttivat korkeimmat ^{137}Cs -pitoisuuksensa vasta parin vuoden päästä laskeumasta. Niiden pitoisuudet laskivat aluksi nopeasti, mutta nyt lasku on hidasta. Veden ^{137}Cs -pitoisuus väheni laskeuman jälkeen nopeasti. Se johtui cesiumin sitoutumisesta vedessä olevaan kiintoainekseen ja sedimentoitumisesta vesistön pohjalle ja syvänteisiin. Kalojen ^{137}Cs -pitoisuuksia vähentää myös vesien vaihtuvuus järvissä. Osa cesiumista vapautuu kuitenkin sedimentistä uudelleen ravintokiertoon ja hidastaa siten kalojen puhdistumista. Niukkaravinteisissa järvissä ^{137}Cs siirtyy kaloihin tehokkaammin kuin runsaasti ravinteita sisältävissä.



Kuva 3. Ahvenen ja hauen sekä muikun ^{137}Cs :n vuosikeskiarvot (Bq/kg) eniten laskeumaa saaneen alueen isoissa järvissä Tshernobylin onnettomuuden jälkeen.

Eniten laskeumaa saaneiden alueiden pienten järvien petokalojen cesiumpitoisuuksien pieneneminen laskeumaa edeltäneelle tasolle vie vielä vuosia (Saxen R. et. al, 1996). Lievän laskeuman alueilla, Itä- ja Pohjois-Suomessa, kalojen ^{137}Cs on jo monin paikoin laskenut Tshernobylin onnettomuutta edeltäneelle tasolle (10 - 100 Bq/kg). Maan muissa osissa keskipitoisuudet vaihtelevat välillä 100 - 600 Bq/kg. Kalojen ^{137}Cs -pitoisuuksissa on järviko-

htaisia eroja, vaikka laskeuma olisi ollut sama. Niukkaravinteisissa järvissä sekä järvissä, joiden vesi vaihtuu hitaasti, kalojen ^{137}Cs -pitoisuudet pysyvät kauan kohonneina. Tämän hetken suurimmat pitoisuudet ovat muutama tuhat becquerelia kilossa. Suomalaisen kuluttaman sisävesikalan keskimääräinen ^{137}Cs -pitoisuus on noin 200 Bq/kg.

Merikalojen ^{137}Cs -pitoisuus on koko ajan ollut paljon alempi kuin järvikalojen. Paitsi laskeuman laimeneminen suureen vesimäärään, meriveden suolaisuus vähentää cesiumin kulkeutumista kaloihin. Korkeimmat havaitut ^{137}Cs -pitoisuudet Itämeren kaloissa olivat 100 - 200 Bq/kg (Ilus E. et al, 1987).

Metsäympäristö

Metsäympäristössä cesiumin poistuminen ravinnekierrosta on hidasta. Suomen metsissä humus- ja karikekerros peittää kivennäismaan. Huomattava osa laskeuman ^{137}Cs :sta on edelleen tässä maan eloperäisessä pintakerroksessa ja se on lisäksi kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Kasvien ja sienten cesiumin otto määrää myös riistanlihan cesiumpitoisuudet. Metsästä saatavien elintarvikkeiden ^{137}Cs -pitoisuus väheneekin lähinnä vain radioaktiivisen hajoamisen kautta. Riistanlihan, sienten ja metsämarjojen ^{137}Cs -pitoisuudet ovat olleet likimain samoja vuodesta 1986 lähtien. Pitoisuudet voivat poiketa huomattavasti arvioituista keskipitoisuuksista alueen sisäisten laskeumaerojen ja ympäristötekijöiden takia (Rantavaara A, 1992). Metsäntuotteiden ^{137}Cs :n keskipitoisuudet ja vaihteluvälit ovat:

	Bq/kg	Bq/kg
Mustikka, puolukka	60	20 – 220
Keltavahvero	150	60 – 600
Suppilovahvero	600	200 – 2500
Hirvi	100	40 - 400
Poro	< 230	

Sienistä rouskujen cesium 137 -pitoisuudet voivat olla suurempia kuin vahveroissa, mutta sienten keittäminen poistaa pääosan cesiumista.

Metsäjäniksen lihan ^{137}Cs -pitoisuus voi olla kaksin- tai kolminkertainen saman alueen hirvenlihaan verrattuna, kun taas vesilinnuissa, rusakossa ja peltokanalinnuissa on ^{137}Cs :ää huomattavasti vähemmän.

Poronhoitoalueelle leviävä laskeuma voi olla erittäin haitallinen. ^{137}Cs siirtyy jäkälästä ja muusta luonnon rehusta nopeasti ja tehokkaasti poronlihaan. Pääosa Suomen poronhoitoalueesta säästyí kuitenkin keväällä 1986 merkittävältä laskeumalta. Nyt tuotettavan poronlihan keskimääräinen ^{137}Cs -pitoisuus ($< 230 \text{ Bq/kg}$) on alempi kuin ennen Tshernobylin onnettomuutta. Paliskuntakohtaiset poronlihan ^{137}Cs :n keskiarvot ovat alle 400 Bq/kg .

Elintarvikkeista saatava sisäinen säteilyannos

Ensimmäisenä vuonna onnettomuudesta maataloustuotteista saatiin cesiumia yli kaksinkertainen määrä luonnontuotteisiin verrattuna. Seuraavina vuosina luonnontuotteiden suhteellinen osuus cesiumin saannista on jatkuvasti kasvanut. Elintarvikkeiden kautta saatu sisäinen säteilyannos oli suurimmillaan ensimmäisenä laskeumaa seuranneena vuonna ja hieman pienempi seuraavana vuonna. Kevään 1986 jälkeen saatiin ensimmäisen 12 kuukauden aikana lähes 40 % siitä ^{137}Cs :sta, joka silloisella suomalaisten ruokavaliolla tullaan saamaan maataloustuotteista yhteensä 50 vuoden aikana (Aaltonen H, et. al, 1995).

Kaikista lähteistä yhteensä suomalaiset saavat vuosittain keskimäärin noin $3,7 \text{ mSv}$:n säteilyannoksen. Yli puolet suomalaisten saamasta keskimääräisestä vuotuisesta säteilyannoksesta aiheutuu sisäilman radonista (2 mSv). Tällä hetkellä elintarvikkeista saatu säteilyannos on pieni. Ruuan sisältämä cesium aiheuttaa alle yhden prosentin vuotuisesta kokonaisannoksesta. Tshernobyl-laskeumasta aiheutuva annos on noin $0,04 \text{ mSv}$ vuodessa, josta noin puolet tulee sisäisenä annoksena ravinnon mukana. Yli kaksikolmasosa ravinnon kautta saatavasta annoksesta tulee luonnosta saatavista elintarvikkeista: kalasta, metsämarjoista, sienistä ja riistanlihasta. Sisävesikalan osuus on noin 39 % ja metsäntuotteiden 37 % , loput 24 % aiheutuu maataloustuotteista.

Laskeumatilanteisiin varautuminen

Laskeumatilanteessa ja sen jälkeen radioaktiivisten aineiden kulkeutumista elintarvikkeisiin ei pystytä kokonaan estämään. On kuitenkin olemassa kei-

noja, joilla voidaan vähentää pitkäikäisten radioaktiivisten aineiden kertymistä kasveihin ja edelleen maitoon ja lihaan. Maatalouden tuotantolosuhteisiin, viljelymenetelmiin, kotieläinten ruokintaan ja elintarvikkeiden teolliseen käsittelyyn kohdistuvilla toimenpiteillä voidaan vähentää elintarvikkeiden radioaktiivisuutta tarvittaessa. Lisäksi voidaan antaa elintarvikkeiden käsittelyohjeita koti- ja suurtalouksille.

Kirjallisuusviittet

Rantavaara A. Radioaktiivisen laskeuman kulkeutuminen ympäristössä. Raportissa: Aaltonen H, Laaksonen J, Lahtinen J, Mustonen R, Rantavaara A, Reponen H, Rytömaa T, Suomela M, Toivonen H, Varjoranta T. Ydinuhkat ja varautuminen. STUK-A123. Helsinki: Säteilyturvakeskus, 1995.

Ilus E, Sjöblom K-L, Aaltonen H, Klemola S, Arvela H. Monitoring of radioactivity in the environs of Finnish Nuclear Power stations in 1986. Report STUK-A55. Helsinki: Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety, 1987.

Rantavaara A. Human exposure to radiation via ingestion of food and water. In: Holm E, Ed. Radioecology – Lectures in environmental radioactivity. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 1994.

Rantavaara A. Cesium metsän ravinnekierrossa. Alara 2, 1992.

Rantavaara A, Haukka S. Radioactivity of milk, meat, cereals and other agricultural products in Finland after the Chernobyl accident in 1986. Report STUK-A58. Helsinki: Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety, 1987.

Saxen R, Koskelainen U. Radioactivity of surface water and freshwater fish in Finland in 1991-1994. Report STUK-A129. Helsinki: Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety, 1996.

STUK-A-sarjan julkaisuja

STUK-A163 Servomaa A (toim.). Säteilyturvallisuus ja laadunvarmistus röntgendiagnostiikassa 1999. Helsinki 1999.

STUK-A162 Arvela H, Rissanen R, Kettunen A-V ja Viljanen M. Kerrostalojen radonkorjaukset. Helsinki 1999.

STUK-A161 Jokela K, Leszczynski D, Paile W, Salomaa S, Puranen L, Hyysalo P. Radiation safety of hand-held mobile phones and base stations. Helsinki 1998.

STUK-A160 Voutilainen A, Vesterbacka K, Arvela H. Radonturvallinen rakentaminen - Kysely kuntien viranomaisille. Helsinki 1998.

STUK-A159 Hämäläinen RP, Sinkko K, Lindstedt M, Ammann M, Salo A. RODOS and decision conferencing on early phase protective actions in Finland. Helsinki 1998.

STUK-A158 Auvinen A, Rahu M, Veidebaum T, Tekkel M, Hakulinen T, Salomaa S, Boice JD Jr (eds). Cancer incidence and thyroid disease among Estonian Chernobyl clean-up workers. Helsinki 1998.

STUK-A157 Klemola S, Ilus E, Ikäheimonen TK. Monitoring of radionuclides in the vicinities of Finnish nuclear power plants in 1993 and 1994. Helsinki 1998.

STUK-A156 Eloranta E, Jokela K (toim.). The Eight National Electromagnetics Meeting, August 27, 1998. Extended Abstracts. Helsinki 1998.

STUK-A155 Salomaa S, Eloranta E, Heimbürger H, Jokela K, Järvinen H, (toim.). Säteilyturvakeskuksen tutkimushankkeet 1998 – 2000. Helsinki 1998.

STUK-A154 Puhakainen M, Suomela M. Detection from radionuclides originating from nuclear power plant in sewage sludge. Helsinki 1998.

STUK-A153 Toivonen H, Honkamäe T, Iländer T, Leppänen A, Nikkinen M, Pöllänen R, Ylätaalo S. Automated high-volume aerosol sampling station for environmental radiation monitoring. Helsinki 1998.

STUK-A152 Servomaa A (toim.). Säteilyturvallisuus ja laadunvarmistus röntgendiagnostiikassa 1998. Helsinki 1998.

STUK-A151 Voutilainen A, Mäkeläinen I, Pennanen M, Reisbacka H, Castrén O. Radonatlas över Finland. Helsinki 1998.

STUK-A150 Voutilainen A, Mäkeläinen I, Reisbacka H, Castrén O. Radonhalten i finländska bostäder. Helsinki 1998.

STUK-A149 Toivonen H, Ikäheimonen TK, Leppänen A, Pöllänen R, Ranta-vaara A, Saxén R, Likonen J, Zilliacus R. Application of various laboratory assay techniques to the verification of the comprehensive nuclear test ban

treaty. Analyses of samples from Kuwait and from Aftac. Helsinki 1997.

STUK-A148 Voutilainen A, Mäkeläinen I, Pennanen M, Reisbacka H, Castrén O. Suomen radonkartasto. Helsinki 1997.

STUK-A147 Karppinen J. Röntgen-tutkimushuoneen säteilysuojauksen laskeminen. Helsinki 1997.

STUK-A146 Voutilainen A, Mäkeläinen I, Reisbacka H, Castrén O. Asuntojen radonpitoisuus Suomessa. Helsinki 1997.

STUK-A145 Ilus E (ed.). Dating of sediments and determination of sedimentation rate. Proceedings of a seminar held in Helsinki 2-3 April 1997. Helsinki 1998.

STUK-A144 Rannikko S, Karila KTK, Toivonen M. Patient and population doses of X-ray diagnostics in Finland. Helsinki 1997.

STUK-A143 Helariutta K, Rantavaara A, Lehtovaara J. Turvesoiden ja polttoturpeen radionuklidit. Helsinki 1998.

STUK-A142 Auvinen A. Cancer risk from low doses of ionizing radiation. Helsinki 1997.

STUK-A141 Jokela K, Leszczynski D, Paile W, Salomaa S, Puranen L, Hyysalo P. Matkapuhelimien ja tukiasemien säteilyturvallisuus. Helsinki 1997.

STUK-A140 Moring M, Markkula M-L. Cleanup techniques for Finnish urban environments and external doses

from ^{137}Cs - modelling and calculations. Helsinki 1997.

STUK-A139 Tapiovaara M, Lakkisto M, Servomaa A. PCXMC. A PC-based Monte Carlo program for calculating patient doses in medical x-ray examinations. Helsinki 1997.

STUK-A138 Lindell B, Boice JD, Sinaeve J, Rytömaa T. Past and future trends of radiation research. Proceedings of the seminar at STUK in Helsinki 28 February 1997. Helsinki 1997.

STUK-A137 Arvela H, Ravea T. Radonturvallinen rakentaminen Suomessa. Helsinki 1997.

STUK-A136 Pennanen M., Mäkeläinen I. & Voutilainen A. Huoneilman radonmittaukset Kymen läänissä: Tilannekatsaus ja radonennuste. Helsinki 1996.

STUK-A135 Hyvärinen J. On the fundamentals of nuclear reactor safety assessments. Inherent threads and their implications. Helsinki 1996.

STUK-A134 Ylätaalo S, Karvonen J, Ilander T, Honkamaa T, Toivonen H. Doserate mapping and search of radioactive sources in Estonia. Helsinki 1996.

STUK-A133 Rantavaara A. Puutavaran radioaktiivisuus. Helsinki 1996.

STUK-A132 French S, Finck R, Hämäläinen RP, Naadland E, Roed J,

Salo A, Sinkko K. Nordic Decision Conference: An exercise on clean-up actions in an urban environment after a nuclear accident. Helsinki 1996.

STUK-A131 Mustonen R, Koponen H. Säteilyturvakeskuksen tutkimushankkeet 1996 - 1997. Helsinki 1996.

Täydellisen listan STUK-A-sarjan julkaisuista saa

Säteilyturvakeskus
Julkaisutoimikunta/Sihtööri
PL 14
00881 Helsinki
puh. (09) 759 881

Taulukko III. Potilaiden iän ja tutkimusparametrien (jännite, läpivalaisuaika) keskiarvot ja vaihteluvälit angiografiatutkimuksissa OYS:ssa.

Tutkimus	Ikä			Läpivalaisujännite (kV)			Kuvausjännite (kV)			Läpivalaisuaika (min)		
	ka	min	maks.	ka	min	maks.	ka	min	maks.	ka	min	maks.
Alaraajat	72	4	99	66	51	98	64	60	85	4,7	0,4	48,2
Alaraaja +vatsa- aortta	72	46	87	73	64	82	66	63	74	5,3	2,6	8,3
Aorttokervikaalinen angiografia	61	3	85	71	55	85	67	63	87	6,3	0,5	24,9
Carotis	54	29	80	69	60	77	76	63	85	14,3	2,2	36,9
Cava	78	78	78							4,8	4,8	4,8
Coeliaca	71	35	85	75	65	83	69	63	77	7,5	3,3	10,8
Lantio	63	54	71	81	81	81	67	63	70	2,0	1,3	2,6
Maksa	62	29	85	77	65	89	70	63	80	14,2	2,8	45,6
Mesenterica	51	26	77	73	65	79	68	63	75	9,1	5,1	14,9
Munuaiset	58	16	91	76	53	98	72	63	90	3,6	0,4	22,0
Pudendalis	54	54	54	72	72	72	63	63	63	5,4	5,4	5,4
Pulmonaalisuonet	51	42	60	77	75	79	71	68	73	8,0	5,6	10,3
Thorakaali-aortta	68	54	78	71	64	78	70	63	76	3,6	2,4	6,5
Thorakaali-vatsa-aortta	54	35	73	69	68	69	63	63	63	11,8	3,5	20,1
Vatsa-aortta	69	57	81	75	72	80	65	63	67	4,7	2,7	6,3
Vertebralis	46	37	54	67	65	69	69	63	75	17,0	11,6	22,4

Taulukko I.

Tutkimus	Tutkimusmäärät							Yhteensä
	Sukupuoli		Ikäryhmä					
	Mies	Nainen	< 1 v	1 - 4 v	5 - 9 v	10 - 16 v	> 16 v	
Miktiokystografia	489	707	460	417	256	61	2	1196
Ruokatorvi	303	171	254	162	37	19	2	474
Biopsia	164	105	26	122	54	60	7	269
Anografia	123	98	54	122	38	6	1	221
Henkitorvi	82	31	72	29	7	5	.	113
Ohutsuoli + biopsia	53	50	7	49	20	19	8	103
Paksusuoli	49	37	22	31	11	20	2	86
Urografia	37	32	19	15	20	14	1	69
Pasaasi	35	25	16	23	10	9	2	60
Henkitorvi + ruokatorvi	26	13	29	8	2	.	.	39
Pylorus	23	10	33	.	.	.	.	33
Mahalaukku	18	12	15	2	8	5	.	30
Ventrikkeli + pasaasi	14	12	13	8	2	3	.	26
Ruokatorvi + mahalaukku	12	13	3	9	9	4	.	25
Läpivalaisu	15	6	1	10	2	7	1	21
Alamutka	8	5	7	6	.	.	.	13
Kaularanka	8	2	1	1	4	4	.	10
Ruokatorvi + pasaasi	4	8	7	2	2	1	.	12
Refluksi-tutkimus	3	2	.	3	1	1	.	5
Niveltutkimus	4	1	.	.	1	.	4	5
Ruokatorvi + pylorus	2	2	4	.	.	.	.	4
Ruokatorvi + fistulografia	2	2	3	1	.	.	.	4
Paksusuoli + anografia	2	1	1	1	1	.	.	3
SI-nivelet	3	.	.	.	.	3	.	3
Alaraajan laskimo	.	3	.	1	2	.	.	3
Pakin tarkastus	.	3	1	1	.	1	.	3
pH-mittaus	1	1	2	.	.	.	.	2
Yhteensä	1480	1352	1050	1023	487	242	30	2832

Taulukko IVa.

Tutkimus	Pinta-ala-annos (Gy cm ²)											
	< 1 v				1 - 4 v				5 - 9 v			
	Luku- määrä	Keski- arvo	Min.	Maks.	Luku- määrä	Keski- arvo	Min.	Maks.	Luku- määrä	Keski- arvo	Min.	Maks.
Miktiokystografia	462	0,96	0,00	7,67	417	1,70	0,01	18,21	256	2,30	0,04	14,23
Ruokatorvi	256	2,40	0,12	9,20	162	2,14	0,37	9,94	37	2,87	0,31	12,41
Henkitorvi	73	1,99	0,41	8,94	29	1,63	0,49	3,80	7	1,24	0,73	2,22
Anografia	54	2,13	0,12	5,15	122	2,54	0,31	10,62	38	3,76	0,92	10,08
Pylorus	33	2,74	0,52	17,70	.	.	.	.	.	.	.	.
Henkitorvi + ruokatorvi	29	3,24	0,82	6,39	8	3,76	1,41	9,35	2	2,54	2,28	2,79
Biopsia	26	0,71	0,00	3,24	122	0,83	0,00	9,79	54	1,29	0,09	5,28
Paksusuoli	22	1,90	0,44	6,69	31	2,99	0,33	7,37	11	5,41	2,45	9,82
Urografia	20	0,61	0,09	1,30	15	1,12	0,18	4,42	20	1,24	0,39	3,35
Pasaasi	16	3,15	0,78	5,12	23	2,54	0,14	8,26	10	6,61	1,08	11,79
Mahalaukku	15	2,24	0,28	5,37	2	2,74	1,40	4,09	8	3,98	1,41	7,34
Ventrikkeli + pasaasi	13	3,11	1,39	5,34	8	3,22	0,94	7,71	2	13,16	3,54	22,78
Ohutsuoli + biopsia	7	0,65	0,08	2,41	49	1,25	0,00	8,46	20	1,37	0,00	11,18
Alamutka	7	1,60	0,73	3,36	6	1,86	0,60	3,38	.	.	.	.
Ruokatorvi + pasaasi	7	3,82	1,93	8,01	2	3,56	3,37	3,74	2	5,90	5,74	6,06
Ruokatorvi + pylorus	4	2,40	0,63	4,17	.	.	.	.	.	.	.	.
Ruokatorvi + fistusgrafia	3	2,33	1,61	2,86	1	2,67	2,67	2,67	.	.	.	.
Ruokatorvi + mahalaukku	3	4,38	3,18	5,44	9	3,46	0,95	8,22	9	6,49	2,62	10,91
pH-mittaus	2	0,39	0,07	0,71	.	.	.	.	.	.	.	.
	1	2,17	2,17	2,17	.	.	.	.	.	.	.	.
Kaularanka	1	0,15	0,15	0,15	1	1,11	1,11	1,11	3	1,22	0,26	2,02
Paksusuoli + anografia	1	4,48	4,48	4,48	1	9,49	9,49	9,49	1	8,44	8,44	8,44
Läpivalaisu	1	3,64	3,64	3,64	10	0,92	0,04	2,49	2	1,16	0,25	2,06
Pakin tarkastus	1	0,90	0,90	0,90	1	0,67	0,67	0,67	.	.	.	.
Kaularanka	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1,45	1,45	1,45
Alaraajan laskimo	.	.	.	.	1	0,19	0,19	0,19	2	0,19	0,15	0,24
Niveltutkimus	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,67	0,67	0,67
Refluksi-tutkimus	.	.	.	.	3	2,21	1,97	2,33	1	2,60	2,60	2,60

Taulukko IVb.

Tutkimus	Pinta-ala-annos (Gy cm ²)							
	10 - 16 v				> 16 v			
	Luku- määrä	Keski- arvo	Min.	Maks.	Luku- määrä	Keski- arvo	Min.	Maks.
Miktiokystografia	61	4,23	0,32	31,66	2	0,98	0,11	1,85
Biopsia	60	2,21	0,04	11,16	7	3,85	0,02	12,24
Paksusuoli	20	6,58	1,92	15,12	2	12,31	7,53	17,09
Ohutsuoli + biopsia	19	2,29	0,03	13,61	8	1,29	0,07	6,38
Ruokatorvi	19	3,93	0,28	13,38	2	5,52	4,62	6,42
Urografia	14	2,06	0,10	9,17	1	5,13	5,13	5,13
Pasaasi	9	14,40	3,32	45,30	2	3,65	2,80	4,49
Läpivalaisu	7	0,84	0,29	1,41	1	1,64	1,64	1,64
Anografia	6	6,05	1,57	15,03	1	3,93	3,93	3,93
Mahalaukku	5	8,82	3,20	20,90	.	.	.	.
Henkitorvi	5	2,75	0,84	5,31	.	.	.	.
Ruokatorvi + mahalaukku	4	3,48	1,38	7,07	.	.	.	.
Ventrikkeli + pasaasi	3	5,92	3,32	9,09	.	.	.	.
SI-nivelet	3	2,92	0,36	6,74	.	.	.	.
Kaularanka	3	1,38	0,09	2,50	.	.	.	.
Kaularanka	1	1,05	1,05	1,05	.	.	.	.
Ruokatorvi + pasaasi	1	4,63	4,63	4,63	.	.	.	.
Pakin tarkastus	1	0,72	0,72	0,72	.	.	.	.
Refluksi-tutkimus	1	10,44	10,44	10,44	.	.	.	.
Niveltutkimus	.	.	.	.	4	1,23	0,72	1,67

Taulukko IIa.

Tutkimus	Läpivalaisuaika (min)											
	< 1 v				1 - 4 v				5 - 9 v			
	Luku- määrä	Keski- arvo	Min.	Maks.	Luku- määrä	Keski- arvo	Min.	Maks.	Luku- määrä	Keski- arvo	Min.	Maks.
Miktiokystografia	462	1,42	0,19	8,17	417	1,57	0,14	10,57	256	1,08	0,16	9,14
Ruokatorvi	256	4,16	0,03	15,25	162	3,85	0,17	17,47	37	2,80	0,31	7,33
Henkitorvi	73	2,09	0,43	6,21	29	1,97	0,24	3,58	7	2,03	1,40	3,22
Anografia	54	3,67	0,14	9,55	122	2,91	0,47	18,23	38	2,34	0,46	7,09
Pylorus	33	5,41	0,32	12,04	.	.	.	.	.	.	.	.
Henkitorvi + ruokatorvi	29	4,40	0,27	13,25	8	4,65	3,09	9,16	2	3,02	2,54	3,49
Biopsia	26	1,94	0,06	8,33	122	1,84	0,03	16,92	54	1,71	0,11	6,04
Paksusuoli	22	4,38	1,25	13,48	31	3,79	0,36	11,36	11	4,50	3,22	6,12
Urografia	20	1,51	0,22	3,23	15	1,96	0,12	8,01	20	1,39	0,26	3,42
Pasaasi	16	6,22	3,00	10,12	23	4,40	0,29	15,58	10	5,86	1,50	12,12
Mahalaukku	15	4,14	1,10	6,40	2	3,79	2,51	5,06	8	4,77	2,27	7,52
Ventrikkeli + pasaasi	13	7,38	2,49	13,38	8	5,86	2,17	13,57	2	8,83	4,07	13,58
Ohutsuoli + biopsia	7	1,45	0,06	5,17	49	2,44	0,03	14,07	20	1,81	0,01	15,80
Alamutka	7	3,05	1,23	8,15	6	3,11	1,40	5,10	.	.	.	.
Ruokatorvi + pasaasi	7	7,55	3,29	15,47	2	6,22	6,07	6,37	2	4,89	3,55	6,22
Ruokatorvi + pylorus	4	7,24	4,45	9,48	.	.	.	.	.	.	.	.
Ruokatorvi + fistiografia	3	3,31	2,21	4,57	1	4,05	4,05	4,05	.	.	.	.
Ruokatorvi + mahalaukku	3	8,36	5,30	10,52	9	5,41	2,00	11,59	9	6,14	3,46	9,00
pH-mittaus	2	0,73	0,16	1,30	.	.	.	.	.	.	.	.
	1	4,05	4,05	4,05	.	.	.	.	.	.	.	.
Kaularanka	1	0,17	0,17	0,17	1	3,12	3,12	3,12	3	3,12	2,25	4,06
Paksusuoli + anografia	1	10,14	10,14	10,14	1	8,42	8,42	8,42	1	7,34	7,34	7,34
Läpivalaisu	1	2,02	2,02	2,02	10	1,19	0,10	3,15	2	1,28	0,17	2,38
Pakin tarkastus	1	1,28	1,28	1,28	1	1,47	1,47	1,47	.	.	.	.
Kaularanka	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2,14	2,14	2,14
Alaraajan laskimo	.	.	.	.	1	1,34	1,34	1,34	2	0,38	0,32	0,44
Niveltutkimus	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2,43	2,43	2,43
Refluksi-tutkimus	.	.	.	.	3	3,73	2,52	4,56	1	3,09	3,09	3,09

Taulukko IIb.

Tutkimus	Läpivalaisuaika (min)							
	10 - 16 v				> 16 v			
	Luku- määrä	Keski- arvo	Min.	Maks.	Luku- määrä	Keski- arvo	Min.	Maks.
Miktiokystografia	61	1,33	0,21	4,50	2	0,28	0,09	0,47
Biopsia	60	1,86	0,04	9,14	7	4,02	0,05	15,18
Paksusuoli	20	3,78	1,30	7,28	2	4,33	4,28	4,37
Ohutsuoli + biopsia	19	2,60	0,06	20,38	8	0,72	0,06	2,16
Ruokatorvi	19	4,18	0,54	13,15	2	3,23	2,03	4,43
Urografia	14	1,75	0,16	6,53	1	3,26	3,26	3,26
Pasaasi	9	7,95	2,39	22,05	2	5,29	3,45	7,13
Läpivalaisu	7	1,57	0,49	3,31	1	1,18	1,18	1,18
Anografia	6	2,53	0,59	4,40	1	2,32	2,32	2,32
Mahalaukku	5	5,49	2,37	8,12	.	.	.	.
Henkitorvi	5	2,97	0,54	7,18	.	.	.	.
Ruokatorvi + mahalaukku	4	3,31	1,53	5,18	.	.	.	.
Ventrikkeli + pasaasi	3	3,98	2,29	5,19	.	.	.	.
SI-nivelet	3	0,93	0,23	1,55	.	.	.	.
Kaularanka	3	1,15	0,56	1,57	.	.	.	.
Kaularanka	1	1,02	1,02	1,02	.	.	.	.
Ruokatorvi + pasaasi	1	2,36	2,36	2,36	.	.	.	.
Pakin tarkastus	1	0,34	0,34	0,34	.	.	.	.
Refluksi-tutkimus	1	0,41	0,41	0,41	.	.	.	.
Niveltutkimus	.	.	.	.	4	3,68	2,57	5,27

Taulukko Va.

Tutkimus	Annosjakauman tunnusluvut (Gy cm²)							
	Luku- määrä	Keskiarvo	Minimi	Maksimi	< 1 v Standardi- hajonta	75 % kvarttiili	25 % kvarttiili	Mediaani
Miktiokystografia	462	0,96	0,00	7,67	0,80	0,44	1,21	0,76
Ruokatorvi	256	2,40	0,12	9,20	1,43	1,50	3,06	2,10
Henkitorvi	73	1,99	0,41	8,94	1,38	1,27	2,34	1,67
Anografia	54	2,13	0,12	5,15	1,28	1,00	2,87	1,98
Pylorus	33	2,74	0,52	17,70	2,95	1,10	3,21	2,05
Henkitorvi + ruokatorvi	29	3,24	0,82	6,39	1,52	1,90	4,20	3,32
Biopsia	26	0,71	0,00	3,24	0,83	0,05	1,03	0,46
Paksusuoli	22	1,90	0,44	6,69	1,57	0,99	2,14	1,31
Urografia	20	0,61	0,09	1,30	0,32	0,37	0,83	0,60
Pasaasi	16	3,15	0,78	5,12	1,36	1,86	4,45	3,17
Mahalaukku	15	2,24	0,28	5,37	1,30	1,30	3,05	1,85
Ventrikkeli + pasaasi	13	3,11	1,39	5,34	1,28	2,22	4,07	2,97
Ohutsuoli + biopsia	7	0,65	0,08	2,41	0,84	0,11	0,93	0,28
Alamutka	7	1,60	0,73	3,36	1,12	0,77	3,05	1,00
Ruokatorvi + pasaasi	7	3,82	1,93	8,01	2,16	2,34	5,30	2,94
Ruokatorvi + pylorus	4	2,40	0,63	4,17	1,47	1,36	3,44	2,40
Ruokatorvi + fistiografia	3	2,33	1,61	2,86	0,65	1,61	2,86	2,52
Ruokatorvi + mahalaukku	3	4,38	3,18	5,44	1,14	3,18	5,44	4,53
pH-mittaus	2	0,39	0,07	0,71	0,46	0,07	0,71	0,39

Taulukko Vb.

Tutkimus	Annosjakauman tunnusluvut (Gy cm ²)							
	Luku- määrä	Keskiarvo	Minimi	Maksimi	< 1 - 4 v			Mediaani
					Standardi- hajonta	25 % kvarttiili	75 % kvarttiili	
Miktiokystografia	417	1,70	0,01	18,21	1,61	2,08	0,81	1,28
Ruokatorvi	162	2,14	0,37	9,94	1,25	2,54	1,42	1,84
Anografia	122	2,54	0,31	10,62	1,82	3,13	1,24	2,10
Biopsia	122	0,83	0,00	9,79	1,32	0,92	0,17	0,41
Ohutsuoli + biopsia	49	1,25	0,00	8,46	1,86	1,37	0,15	0,61
Paksusuoli	31	2,99	0,33	7,37	2,13	3,91	1,37	2,32
Henkitorvi	29	1,63	0,49	3,80	0,86	1,94	0,96	1,52
Pasaasi	23	2,54	0,14	8,26	2,10	3,58	0,93	1,87
Urografia	15	1,12	0,18	4,42	1,11	1,66	0,26	0,89
Läpivalaisu	10	0,92	0,04	2,49	0,75	1,27	0,19	0,85
Ruokatorvi + mahalaukku	9	3,46	0,95	8,22	2,44	4,70	1,85	2,28
Ventrikkeli + pasaasi	8	3,22	0,94	7,71	1,95	3,15	2,50	2,89
Henkitorvi + ruokatorvi	8	3,76	1,41	9,35	2,86	5,18	1,72	2,78
Alamutka	6	1,86	0,60	3,38	0,96	2,40	1,35	1,73
Refluksi-tutkimus	3	2,21	1,97	2,33	0,21	2,33	1,97	2,32
Mahalaukku	2	2,74	1,40	4,09	1,91	4,09	1,40	2,74
Ruokatorvi + pasaasi	2	3,56	3,37	3,74	0,26	3,74	3,37	3,56

Taulukko I. Konversiokerroin laskettaessa pinta-ala-annoksesta efektiivinen annos (mSv/Gy cm²) lasten röntgentutkimuksissa (suodatus = 3 mm Al).

Tutkimus	0 v		1 v		5 v		10 v		15 v	
	60 kV	80 kV	60 kV	80 kV	60 kV	80 kV	60 kV	80 kV	60 kV	80 kV
Pää AP	0,442	0,505	0,107	0,146	0,011	0,015	0,007	0,013	0,025	0,038
Pää PA	0,204	0,265	0,096	0,128	0,010	0,014	0,008	0,011	0,022	0,033
Pää LAT	0,330	0,400	0,127	0,164	0,014	0,020	0,012	0,016	0,030	0,044
Vatsa AP	1,980	2,360	0,907	1,150	0,490	0,641	0,296	0,398	0,187	0,262
Vatsa PA	1,370	1,750	0,538	0,747	0,282	0,406	0,172	0,256	0,101	0,157
Lantio AP	2,150	2,500	1,100	1,350	0,526	0,661	0,214	0,297	0,152	0,211
Lantio PA	1,180	1,540	0,558	0,788	0,223	0,336	0,118	0,186	0,070	0,166
Virtsarakko AP	2,430	2,810	1,570	1,860	1,130	1,350	0,619	0,778	0,236	0,363
Virtsarakko PA	1,280	1,680	0,643	0,896	0,373	0,547	0,227	0,350	0,116	0,199
Lanneranka AP							0,380	0,515	0,203	0,288
Lanneranka PA							0,212	0,319	0,119	0,186
Lanneranka RLAT							0,287	0,414	0,152	0,234
Lannerankat LLAT							0,157	0,236	0,080	0,124
	80 kV	120 kV	80 kV	120 kV	80 kV	120 kV	80 kV	120 kV	80 kV	120 kV
Keuhkot AP	2,350	2,790	1,060	1,300	0,595	0,823	0,403	0,567	0,270	0,358
Keuhkot PA	1,660	2,100	0,655	0,873	0,437	0,601	0,277	0,394	0,162	0,238
Keuhkot LAT	1,735	2,115	0,711	0,907	0,415	0,546	0,255	0,345	0,144	0,204

Taulukko II. Konversiokerroin laskettaessa pinta-annoksesta efektiivinen annos (mSv/mGy) lasten röntgen-tutkimuksissa (suodatus = 3 mm Al).

Tutkimus	0 v		1 v		5 v		10 v		15 v	
	60 kV	80 kV	60 kV	80 kV	60 kV	80 kV	60 kV	80 kV	60 kV	80 kV
Pää AP	0,067	0,075	0,016	0,025	0,011	0,015	0,007	0,013	0,007	0,011
Pää PA	0,031	0,039	0,014	0,022	0,010	0,014	0,008	0,011	0,006	0,009
Pää LAT	0,052	0,061	0,019	0,030	0,014	0,020	0,012	0,016	0,009	0,013
Vatsa AP	0,273	0,317	0,183	0,225	0,172	0,215	0,151	0,194	0,101	0,136
Vatsa PA	0,194	0,241	0,112	0,151	0,102	0,142	0,091	0,129	0,057	0,086
Lantio AP	0,208	0,236	0,128	0,153	0,137	0,166	0,088	0,117	0,082	0,109
Lantio PA	0,116	0,148	0,065	0,090	0,059	0,086	0,051	0,077	0,039	0,061
Virtsarakko AP	0,206	0,232	0,167	0,193	0,150	0,173	0,099	0,119	0,047	0,064
Virtsarakko PA	0,110	0,140	0,069	0,093	0,050	0,070	0,036	0,054	0,024	0,035
Lanneranka AP							0,082	0,108	0,058	0,079
Lanneranka PA							0,048	0,070	0,035	0,053
Lanneranka RLAT							0,054	0,075	0,034	0,051
Lannerankat LLAT							0,029	0,043	0,018	0,027
	80 kV	120 kV	80 kV	120 kV	80 kV	120 kV	80 kV	120 kV	80 kV	120 kV
Keuhkot AP	0,251	0,289	0,194	0,228	0,173	0,229	0,181	0,243	0,137	0,173
Keuhkot PA	0,181	0,222	0,121	0,156	0,130	0,171	0,127	0,171	0,084	0,117
Keuhkot LAT	0,188	0,223	0,128	0,158	0,115	0,146	0,105	0,136	0,063	0,085

Kuva xx. Konversiokerroin Gy/Gy rinnan pinnan tasolla mitatusta ilmakermasta (ilman takaisinsirontaa) rinnan rauhaskudosannokseen (50 % rauhaskudosta, 50 % rasvakudosta).

KV	Suodatus ($\mu\text{m Mo}$)	HVL (mm Al)	Puristetun rinnan paksuus					
			3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	7 cm	8 cm
23	30	0,24	0,189	0,143	0,114	0,93	0,78	0,68
25	30	0,26	0,209	0,159	0,127	0,105	0,89	0,76
27	30	0,28	0,226	0,174	0,139	0,115	0,97	0,84
29	30	0,30	0,243	0,186	0,150	0,124	0,106	0,91
31	30	0,31	0,251	0,194	0,156	0,130	0,110	0,95
33	30	0,32	0,260	0,201	0,162	0,135	0,115	0,100
35	30	0,33	0,268	0,208	0,168	0,140	0,119	0,103

Wu X, Barnes G T, Tucker D M. Spectral dependence of glandular tissue dose in screen-film mammography. Radiology 1991; 179: 143-148.

Taulukko I. Eri säteilylähteistä aiheutuva ionisoivan säteilyn keskimääräinen ja kollektiivinen vuosiannos ja säteilyriskiarvio Suomessa.

[illegible]